



TESIS - RC092501

PENINGKATAN EFISIENSI IRIGASI

(Studi Kasus: Aset Irigasi di Kabupaten Trenggalek)

RANGGA KUSUMA SAPUTRO
NRP. 3114207818

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Wasis Wardoyo M.Sc
Ir. I Putu Artama Wiguna, MT., Ph.D

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN ASET INFRASTRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT.)

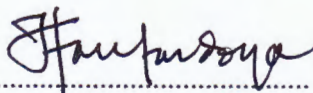
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :
RANGGA KUSUMA SAPUTRO
NRP. 3114207818


Tanggal Ujian : 12 Juni 2017
Periode Wisuda :

Disetujui oleh:

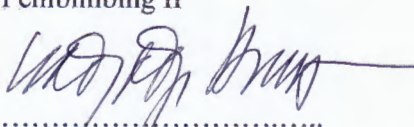
1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc
NIP. 19610927 198701 1 001


.....
Pembimbing I

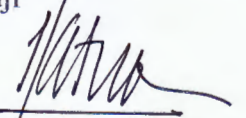
2. Ir. I Putu Artama Wiguna, MT., Ph.D
NIP. 19691125 199903 1 001


.....
Pembimbing II

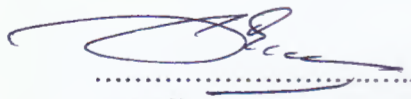
3. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc
NIP. 19540113 198010 1 001


.....
Penguji

4. Dr. Ir. Edijatno
NIP. 19520311 198003 1 003


.....
Penguji

5. Ir. Theresia Sri Sidharti, MT.
NIP. 110 017 597


.....
Penguji



Ir. Purwanita Setijanti, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19590427 198503 2 001

PENINGKATAN EFISIENSI IRIGASI (Studi Kasus: Aset Irigasi di Kabupaten Trenggalek)

Mahasiswa Nama : RANGGA KUSUMA SAPUTRO
NRP. : 3114207818
Pembimbing : Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc
Ko-Pembimbing : Ir. I Putu Artama Wiguna, MT., Ph.D

ABSTRAK

Meskipun jumlah air yang tersedia cukup, namun bila konsistensi efisiensi distribusi air tidak terjaga, maka dapat menyebabkan air tidak dapat mencukupi seluruh areal yang direncanakan. Hal ini akan mengancam ketersediaan air untuk irigasi. Pemeliharaan aset irigasi di DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek dihadapkan pada masalah banyaknya aset irigasi yang rusak dan kebutuhan biaya pemeliharaan yang besar. Disisi lain biaya pemeliharaan yang dialokasikan, jumlahnya terbatas dan tidak menentu. Hal ini akan semakin memperburuk kondisi aset irigasi dan pada akhirnya akan menyebabkan penurunan efisiensi irigasi. Jadi masalahnya adalah bagaimanakah meningkatkan efisiensi irigasi, dalam situasi dimana banyak aset irigasi yang rusak, kebutuhan biaya pemeliharaan yang besar, serta alokasi biaya pemeliharaan yang terbatas dan tidak menentu.

Berdasarkan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi irigasi. Metode *Six Sigma* merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas aset sepanjang siklus hidupnya, sehingga perlu untuk diterapkan dalam pemeliharaan aset irigasi, khususnya dalam peningkatan efisiensi pengaliran (*conveyance efficiency*). Metode *Six Sigma* merupakan satu rangkaian dari beberapa analisis, sehingga terdapat beberapa teknis analisis yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya adalah *Capability Analysis* untuk mengukur kapabilitas efisiensi irigasi; *Failure Mode and Effect Analysis* untuk identifikasi penyebab kehilangan air; dan *Integer Programming* untuk optimasi biaya pemeliharaan aset irigasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemeliharaan aset irigasi dengan skenario pesimis dimana alokasi biaya sebesar Rp. 439,190,200.00, akan mampu meningkatkan efisiensi irigasi pada level 3.92σ dan penghematan air sebesar 191.44 L/dt. Sedangkan pemeliharaan aset irigasi dengan skenario moderat dimana alokasi biaya sebesar Rp. 1,169,898,053.13, akan mampu meningkatkan efisiensi irigasi pada level 6.47σ dan penghematan air sebesar 321.56 L/dt. Untuk pemeliharaan aset irigasi dengan skenario optimis dimana alokasi biaya sebesar Rp. 1,918,320,000.00, akan mampu meningkatkan efisiensi irigasi pada level 6.51σ dan penghematan air sebesar 368.68 L/dt.

Kata kunci : *Conveyance efficiency*, *Six Sigma*, optimasi biaya pemeliharaan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

IRRIGATION EFFICIENCY IMPROVEMENT (Case Study: Irrigation Assets in Trenggalek Regency)

By : RANGGA KUSUMA SAPUTRO
NRP. : 3114207818
Supervisor : Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc
Co-Supervisor : Ir. I Putu Artama Wiguna, MT., Ph.D

ABSTRACT

Although the amount of water which are available is sufficient, but if the consistency of water distribution efficiency is not maintained, it can cause the water can not meet all of the planned area. This would threaten the availability of water for irrigation. Maintenance of irrigation assets in DI. Bagong, DI. Nglongah and DI. Ngepeh Trenggalek faces to a number of damaged irrigation assets and high maintenance cost. On the other hand allocated maintenance costs, limited and uncertain. This will further worsen the condition of irrigation assets and eventually will lead to a decrease in the efficiency of irrigation. So the problem is how to improve the efficiency of irrigation, in situations where a lot of damaged irrigation assets, needs high maintenance costs, as well as the allocation of maintenance costs are limited and uncertain.

Based on the problems, the purpose of this research is to improve the efficiency of irrigation. Six Sigma method is one way to improve the quality of assets throughout their life cycle, so it needs to be applied in the maintenance of irrigation assets, particularly in improving conveyance efficiency. Six Sigma method is a series of several analysis, so there are some technical analysis used in this study, including the Capability Analysis to measure process capability on the efficiency of irrigation; Failure Mode and Effect Analysis to identify causes of water loss; and Integer Programming for optimization of the maintenance costs of irrigation assets.

The results showed that the asset irrigation with the pessimistic scenario in which the cost allocation of Rp. 439,190,200.00, will be able to improve the efficiency of irrigation at 3.92σ level and water savings of 191.44 L/s. While maintenance of irrigation assets with moderate scenario where the cost allocation of Rp. 1,169,898,053.13, will be able to improve the efficiency of irrigation at the level of 6.47σ and water savings of 321.56 L/s. For the maintenance of irrigation assets with an optimistic scenario where the cost allocation of Rp. 1,918,320,000.00, will be able to improve the efficiency of irrigation at 6.51σ level and water savings of 368.68 L/s.

Keywords : conveyance efficiency, Six Sigma, maintenance cost optimization

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil ‘Alamin, puji syukur kepada Allah Shubhanahu wa Ta’ala atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis dengan judul “PENINGKATAN EFISIENSI IRIGASI (STUDI KASUS: ASET IRIGASI DI KABUPATEN TRENGGALEK)”. Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Magister Teknik (MT.) di bidang keahlian Manajemen Aset Infrastruktur, Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tesis ini dapat dilakukan, dilaporkan dan diselesaikan karena adanya bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat, penghargaan setinggi-tingginya dan terima kasih kepada:

1. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia atas kesempatan studi lanjut yang diberikan melalui Beasiswa Pendidikan Kedinasan dan Vokasi untuk Program Pascasarjana (S2).
2. Pemerintah Kabupaten Trenggalek atas izin belajar yang telah diberikan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc dan Bapak Ir. Putu Artama Wiguna, MT., Ph.D, selaku dosen pembimbing atas bimbingan, motivasi dan kritik selama proses penyusunan tesis ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc, Bapak Dr. Ir. Edijatno dan Ibu Ir. Theresia Sri Sidharti, MT., selaku dosen penguji atas bimbingan, koreksi dan masukan positif dalam penyelesaian tesis ini.
5. Seluruh Dosen Pengajar S2 Manajemen Aset Infrastruktur ITS atas bimbingan, ilmu dan pengalaman yang telah diberikan selama perkuliahan.
6. Segenap pegawai bagian administrasi Program Pascasarjana Teknik Sipil ITS atas pelayanan terbaik yang telah diberikan selama studi.

7. Kedua orang tua penulis atas seluruh cinta dan doanya yang tidak pernah putus, serta segala bentuk motivasi, nasehat dan kepercayaan yang telah diberikan selama studi.
8. Isteri tercinta Fidia Fajrin dan *My Little Hero* Prabu Azmi Albab atas doa, cinta, semangat dan pengertian yang telah diberikan selama studi.
9. Segenap pegawai Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kabupaten Trenggalek dan Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Kabupaten Trenggalek atas kesediaannya memberikan data-data yang dibutuhkan selama penyusunan tesis ini.
10. Teman-teman mahasiswa S2 Manajemen Aset Infrastruktur ITS Angkatan 2015 atas kesediaannya berbagi ilmu dan pengalaman serta motivasi dan inspirasi selama studi. Terima kasih teman, *I will never forget you all!*
11. Produser ASUS K40IJ dan Canon IP2770 yang telah membuat laptop dan printer handal, sehingga sangat membantu dan memperlancar penulis dalam penyusunan tesis ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini. Semoga Allah SWT merahmati kita semua. Aamiinn.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari setiap pembaca tesis ini. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis
Rangga Kusuma Saputro
NRP. 3114207818

DAFTAR ISI

Lembar pengesahan	i
Abstrak	iii
Kata pengantar	vii
Daftar isi	ix
Daftar tabel	xi
Daftar gambar	xiii
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	4
1.3. Tujuan penelitian	4
1.4. Ruang lingkup penelitian	5
1.5. Batasan penelitian	5
1.6. Manfaat penelitian	6
1.7. Sistematika penulisan	6
1.8. Kerangka pikir	7
 BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	 9
2.1. Manajemen aset	9
2.1.1. Definisi	9
2.1.2. Kegiatan dalam manajemen aset	12
2.1.3. Tujuan manajemen aset	21
2.2. Manajemen pemeliharaan.....	23
2.2.1. Definisi	23
2.2.2. Tipe pemeliharaan	25
2.2.3. Indikator kinerja kunci pemeliharaan	26
2.2.4. Strategi pemeliharaan	27
2.2.5. Teknik analisis pemeliharaan	28
2.2.6. Hubungan pemeliharaan dengan kualitas	32
2.3. Efisiensi irigasi dan Pengelolaan Aset Irigasi (PAI)	34
2.4. <i>Six Sigma</i>	42
2.5. Analisis Kapabilitas (<i>Capability Analysis</i>).....	51
2.6. FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>)	54
2.7. Program Integer (<i>Integer Programming</i>)	58
2.8. <i>What if Analysis</i>	63
2.9. Penelitian terdahulu	67
 BAB 3 METODE PENELITIAN	 73
3.1. Metode pendekatan penelitian	73

3.2. Tahapan penelitian	74
3.3. Variabel penelitian	84
3.4. Teknik pengumpulan data	87
3.5. Teknik penarikan sampel	89
3.6. Teknik analisa	89
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	 91
4.1. Gambaran umum obyek penelitian	91
4.1.1. Daerah Irigasi (DI) Bagong	91
4.1.2. Daerah Irigasi (DI) Nglongah	94
4.1.3. Daerah Irigasi (DI) Ngepeh	96
4.2. Analisa indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting	98
4.3. Analisa faktor penyebab kehilangan air pada saluran irigasi	101
4.4. Analisa optimasi biaya pemeliharaan saluran irigasi	110
4.5. Analisa penentuan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi	116
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	 129
5.1. Kesimpulan	129
5.2. Saran	133
 DAFTAR PUSTAKA	 135
LAMPIRAN – A. Form Survey Efisiensi Irigasi	139
LAMPIRAN – B. Kuisisioner FMEA	140
LAMPIRAN – C. Profil Saluran, Kerusakan dan Kebutuhan Biaya	141
LAMPIRAN – D. Efisiensi Irigasi	142
LAMPIRAN – E. Realisasi Biaya Pemeliharaan	143
LAMPIRAN – F. Skenario Optimasi Biaya Pemeliharaan	144
 Biografi penulis	 xv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tolok Ukur Pemeliharaan	25
Tabel 2.2	Hubungan sigma dan DPMO	42
Tabel 2.3	Nilai <i>Severity</i> , <i>Occurance</i> dan <i>Detection</i>	57
Tabel 2.4	Kajian Penelitian Terdahulu	62
Tabel 3.1	Tahapan Penelitian berdasarkan Pendekatan Metode Six Sigma	73
Tabel 3.2	Variabel Penelitian untuk Peningkatan Efisiensi Irigasi Menggunakan Metode Six Sigma	76
Tabel 4.1	Efisiensi Irigasi Eksisting DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek	98
Tabel 4.2	FMEA – Kehilangan Air Irigasi pada Saluran	101
Tabel 4.3	Urutan Jenis Cacat Berdasarkan Rangkings RPN	105
Tabel 4.4	Desain Solusi Masalah Kehilangan Air Irigasi	105
Tabel 4.5	Realisasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2015	110
Tabel 4.6	Skenario Alokasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek	112
Tabel 4.7	Optimasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi Berdasarkan Skenario Alokasi Biaya Pemeliharaan	115
Tabel 4.8	Rencana Tindak Peningkatan Efisiensi Irigasi	116
Tabel 4.9	Indeks Kapabilitas Proses (Ppk) dan <i>Sigma Capability</i> Berdasarkan Skenario Alokasi Biaya Pemeliharaan	126

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kondisi aset irigasi dan kebutuhan biaya pemeliharannya	1
Gambar 1.2	Realisasi biaya pemeliharaan aset irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2015	2
Gambar 1.3	Hubungan antara kondisi, waktu dan kualitas aset irigasi.	3
Gambar 1.4	Bagar alir kerangka pikir penelitian	7
Gambar 2.1	Ilustrasi definisis aset	9
Gambar 2.2	Siklus hidup aset	13
Gambar 2.3	Bagaimana organisasi membuat nilai	21
Gambar 2.4	Hubungan simbiosis antara tujuan bisnis dan tujuan manajemen aset	22
Gambar 2.5	Ilustrasi perbedaan tipe pemeliharaan	25
Gambar 2.6	Distribusi karakteristik kualitas produk	33
Gambar 2.7	Hubungan antara produksi, kualitas dan pemeliharaan	34
Gambar 2.8	Posisi kurva distribusi proses terhadap rentang spesifikasi	53
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	76
Gambar 3.2	Titik pengukuran kecepatan aliran	88
Gambar 4.1	Kondisi eksisting saluran irigasi DI. Bagong	91
Gambar 4.2	Peta skema irigasi DI. Bagong	92
Gambar 4.3	Kondisi eksisting saluran irigasi DI. Nglongah	94
Gambar 4.4	Peta skema irigasi DI. Nglongah	95
Gambar 4.5	Kondisi eksisting saluran irigasi DI. Ngepeh	96
Gambar 4.6	Peta skema irigasi DI. Ngepeh	97
Gambar 4.7	Output Uji Normalitas efisiensi irigasi eksisting	99
Gambar 4.8	Output analisis kapabilitas efisiensi irigasi eksisting	100
Gambar 4.9	Realisasi biaya pemeliharaan aset irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2015	111
Gambar 4.10	Efisiensi irigasi untuk skenario pesimis	120
Gambar 4.11	Output analisis kapabilitas efisiensi irigasi untuk skenario pesimis	121
Gambar 4.12	Efisiensi irigasi untuk skenario moderat	122
Gambar 4.13	Output analisis kapabilitas efisiensi irigasi untuk skenario moderat	123
Gambar 4.14	Efisiensi irigasi untuk skenario optimis	124
Gambar 4.15	Output analisis kapabilitas efisiensi irigasi untuk skenario optimis	125

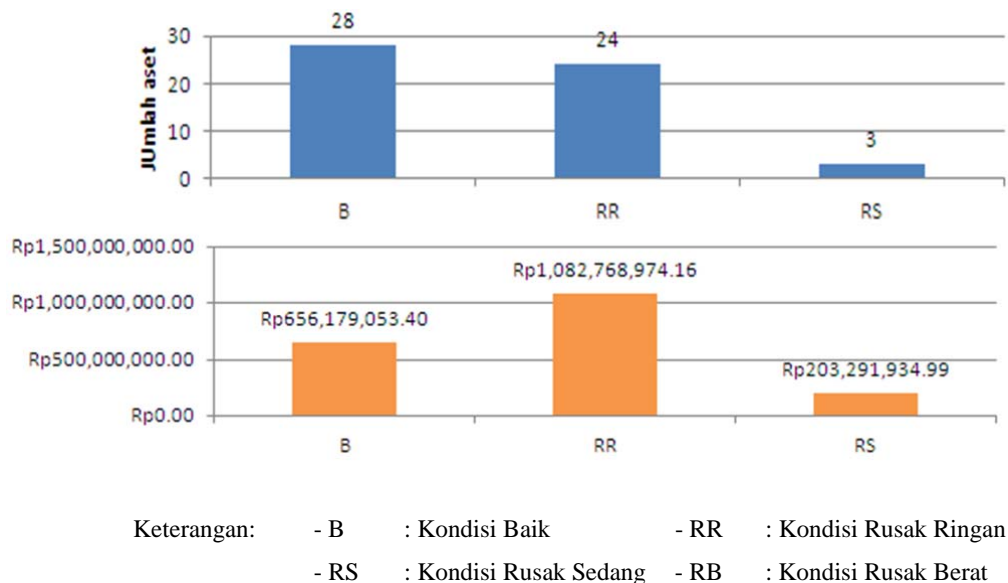
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

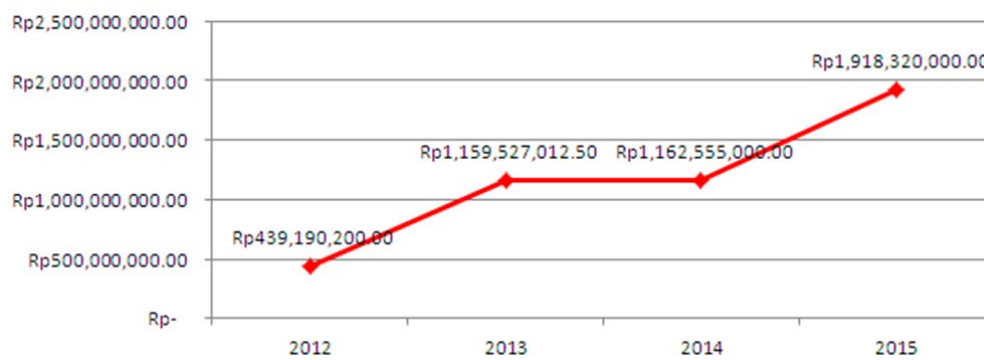
1.1. Latar belakang

Aset irigasi terdiri atas jaringan irigasi dan pendukung pengelolaan irigasi (Kemenpupera, 2015). Aset irigasi yang berupa jaringan irigasi, rawan mengalami kerusakan. Disamping faktor usia, faktor alam dan aktivitas manusia dapat memicu kerusakan pada aset irigasi tersebut. Minimnya biaya pemeliharaan disertai dengan peristiwa alam seperti banjir, longsor serta aktivitas manusia seperti perkembangan kota, mengakibatkan kerusakan dan memperburuk kondisi aset irigasi. Seperti aset irigasi pada daerah irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh di Kabupaten Trenggalek, kondisinya banyak yang rusak. Hanya 50.91% aset irigasi yang dalam kondisi baik, sisanya dalam kondisi rusak. Berikut grafik kondisi dan kebutuhan biaya pemeliharaan aset irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek.



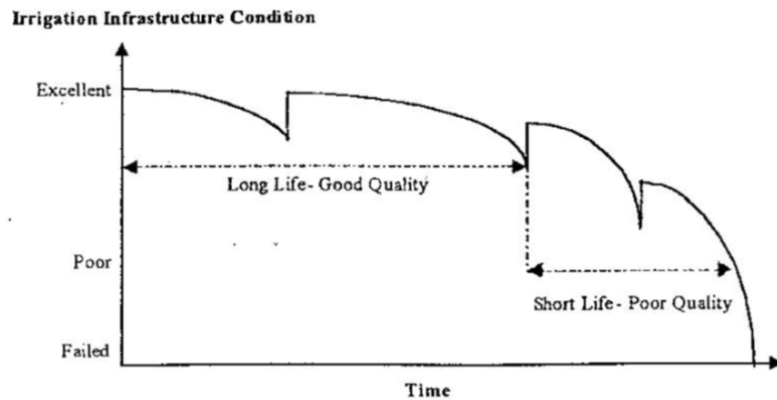
Gambar. 1.1 Kondisi Aset Irigasi dan Kebutuhan Biaya Pemeliharaannya (Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Trenggalek, 2016)

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa semakin buruk kondisi aset maka semakin besar kebutuhan biaya pemeliharaannya. Sehingga jika diakumulasi, maka kebutuhan biaya pemeliharaan untuk memperbaiki aset-aset irigasi yang rusak tersebut cukup besar. Sementara itu biaya pemeliharaan aset irigasi yang dialokasikan pada APBD (Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah) Kabupaten Trenggalek, jumlahnya terbatas dan tidak menentu, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.2. Pada akhirnya dengan keterbatasan biaya ini tidak semua aset irigasi yang rusak dapat ditangani dan kondisinya akan semakin buruk.



Gambar 1.2 Realisasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2015 (Bagian Administrasi Pembangunan Sekretariat Daerah Kabupaten Trenggalek, 2016)

Salah satu kinerja jaringan irigasi dapat dilihat dari konsistensi nilai efisiensi irigasi. Kondisi aset irigasi yang buruk akan menyebabkan penurunan efisiensi irigasi. Meskipun jumlah air tersedia cukup, namun bila konsistensi efisiensi distribusi air tidak terjaga, maka dapat menyebabkan air tidak dapat mencukupi seluruh areal yang direncanakan. Hal ini akan mengancam ketersediaan air untuk irigasi (Rizalihadi, 2014). Fungsi aset irigasi akan mengalami degradasi yang sangat cepat, jika sudah melewati kualitas bagus sementara pemeliharaan dan rehabilitasi tidak memadai, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.3. Jika kondisi ini tidak segera diperbaiki, fungsi aset irigasi akan berada pada kondisi umur pendek – kualitas jelek, serta pengoperasian akan mengalami kegagalan (Juniarso, 2005).



Gambar 1.3 Hubungan antara Kondisi, Waktu dan Kualitas Aset Irigasi

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, telah banyak dikembangkan metode-metode untuk mengendalikan kualitas produk atau jasa agar sesuai dengan standar yang ditetapkan. Salah satunya adalah metode Six Sigma. Six Sigma adalah sebuah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha mengurangi variasi proses (*process variances*) sekaligus mengurangi cacat (produk atau jasa yang tidak memenuhi spesifikasi) dengan menggunakan statistik dan *problem solving tools* secara intensif. Metode ini lebih dikenal sebagai sebuah metode peningkatan kualitas dan strategi bisnis yang tidak menghasilkan cacat (*defects*) melebihi 3,4 per 1 juta kesempatan. Perusahaan yang banyak menerapkan metode ini diantaranya adalah perusahaan yang bergerak dalam industri manufaktur, seperti GE (General Electric), Motorola, dan Johnson and Johnson's (Pande, Neumam, Roland R Cavanagh, 2002).

Meskipun Six Sigma dikembangkan pertama kali oleh perusahaan manufaktur seperti Motorola dan General Electric (GE). Namun saat ini banyak perusahaan baik jasa, pertambangan, bahkan pemerintahan menerapkan prinsip-prinsip perbaikan Six Sigma. Banyak sekali manfaat yang didapat kedua organisasi di atas dalam implementasi Six Sigma (www.sixsigmaindonesia.com, 5 Februari 2016).

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 23/PRT/M/2015 tentang Pengelolaan Aset Irigasi,

pasal 2 ayat 2, bahwa pengelola irigasi harus mampu melaksanakan pengelolaan aset irigasi secara efektif dan efisien serta berkelanjutan. Oleh karena itu, maka perlu peningkatan efisiensi irigasi yang optimal untuk menjamin ketersediaan air selama umur pelayanan aset irigasi.

Banyaknya aset irigasi yang rusak menyebabkan penurunan efisiensi irigasi, ini menunjukkan bahwa terdapat kecacatan dalam proses pemeliharaan aset irigasi. Metode Six Sigma merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas aset sepanjang siklus hidupnya. Oleh karena itu metode Six Sigma perlu diterapkan dalam pemeliharaan aset irigasi, khususnya dalam peningkatan efisiensi irigasi. Dengan demikian, penelitian terkait peningkatan efisiensi irigasi menggunakan metode Six Sigma perlu untuk dilakukan.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan utama sebagai berikut:

Bagaimanakah meningkatkan efisiensi irigasi, dalam situasi dimana banyak aset irigasi yang rusak, kebutuhan biaya pemeliharaan yang besar, serta alokasi biaya pemeliharaan yang terbatas dan tidak menentu, pada pemeliharaan aset irigasi di DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek?

Untuk menjawab permasalahan utama maka perlu diikuti oleh beberapa rumusan masalah penelitian yang lebih detail yaitu:

- a. Berapakah indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting?
- b. Apa sajakah penyebab kehilangan air irigasi?
- c. Bagaimanakah penentuan alokasi biaya pemeliharaan yang optimal?
- d. Bagaimanakah rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan utama yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

Untuk meningkatkan efisiensi irigasi, dalam situasi dimana banyak aset irigasi yang rusak, kebutuhan biaya pemeliharaan yang besar, serta alokasi biaya

pemeliharaan yang terbatas dan tidak menentu, pada pemeliharaan aset irigasi di DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek.

Sedangkan tujuan penelitian yang lebih detail, yaitu:

- a. Untuk mengidentifikasi indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting.
- b. Untuk mengidentifikasi penyebab kehilangan air irigasi.
- c. Untuk menentukan biaya pemeliharaan yang optimal.
- d. Untuk menentukan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi.

1.4. Ruang lingkup penelitian

Ruang lingkup penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Objek penelitian mencakup petak tersier dan aset irigasi berupa saluran irigasi (saluran primer, saluran sekunder dan saluran tersier).
- b. Wilayah penelitian mencakup 3 (tiga) Daerah Irigasi (DI) di Kabupaten Trenggalek, meliputi;
 - DI Bagong – Kec. Trenggalek dan Kec. Pogalan
 - DI Nglongah – Kec. Karangan, Kec. Trenggalek dan Kec. Pogalan
 - DI Ngepeh – Kec. Tugu dan Kec. Karangan
- c. Ruang lingkup materi terkait pemeliharaan aset irigasi meliputi efisiensi irigasi, metode Six Sigma dan optimasi biaya pemeliharaan aset irigasi.

1.5. Batasan penelitian

Batasan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Efisiensi irigasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah efisiensi pengaliran (*conveyance efficiency*) dari saluran primer, saluran sekunder sampai saluran tersier. Efisiensi pada petak sawah (*water application efficiency*) tidak dibahas dalam penelitian ini.
- b. Biaya pemeliharaan aset irigasi yang dibahas dalam penelitian ini adalah biaya yang digunakan untuk memperbaiki kerusakan pada saluran irigasi seperti bocor/lubang, gerusan, sedimen/walet, retak/patah/geser, longsor/menonjol; serta untuk penggantian bangunan sipil dan pembangunan baru.

1.6. Manfaat penelitian

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Melalui penelitian ini dapat diuraikan apa saja penyebab kehilangan air irigasi.
- b. Melalui penelitian ini dapat diuraikan bagaimana aplikasi metode Six Sigma dalam pemeliharaan aset irigasi.
- c. Melalui penelitian ini dapat diuraikan bagaimana alat pemecahan masalah optimasi dikembangkan.

Adapun manfaat praktis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dapat digunakan oleh para stakeholder, baik pemerintah, akademisi, swasta maupun masyarakat sebagai referensi pada pengambilan keputusan dalam pengelolaan aset irigasi.
- b. Penelitian ini memberikan metode alternatif dalam upaya peningkatan efisiensi irigasi skala luas.

1.7. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

Bab 1 Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup penelitian.

Bab 2 Kajian Pustaka dan Dasar Teori

Berisi teori-teori terkait manajemen aset, manajemen pemeliharaan, metode Six Sigma.

Bab 3 Metode Penelitian

Berisi metode pendekatan penelitian, variabel penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisa data dan tahapan penelitian.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

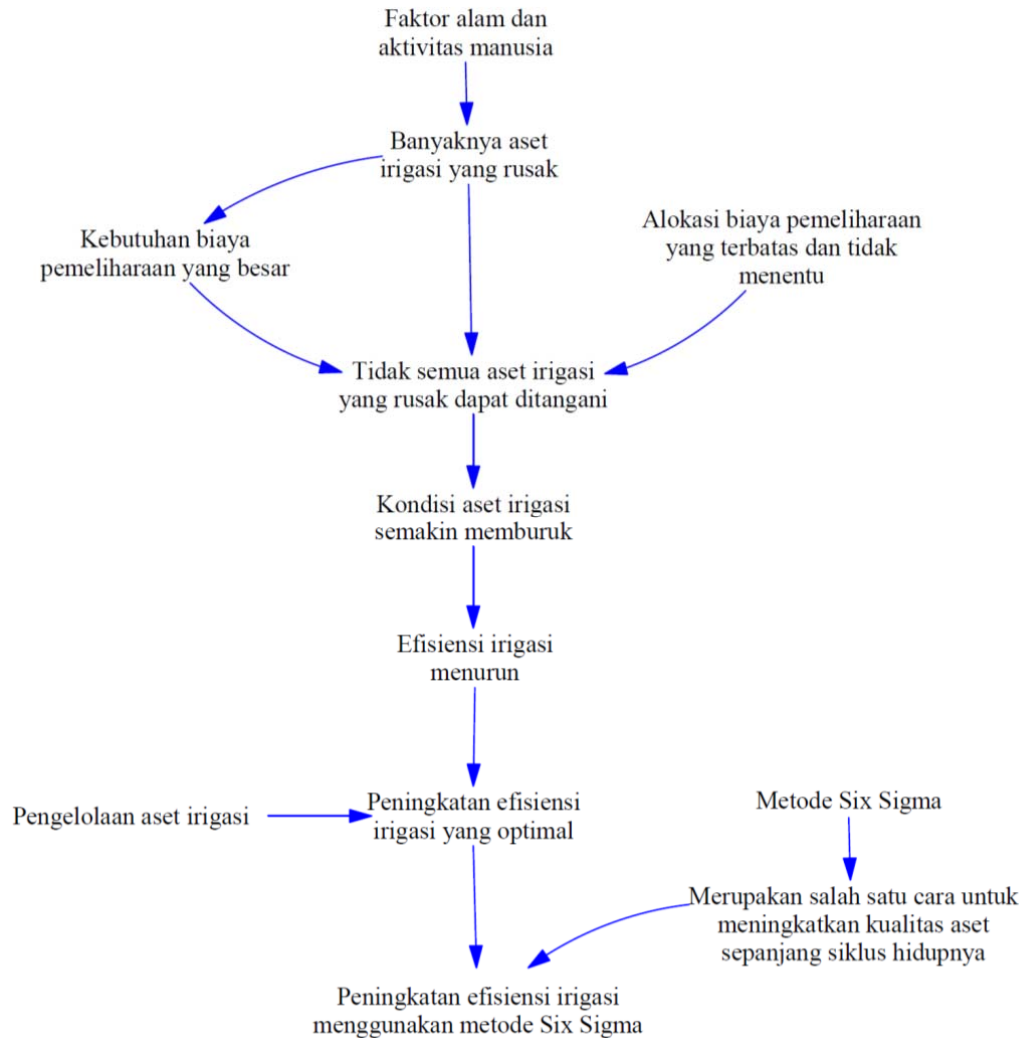
Berisi gambaran umum aset irigasi serta analisa terkait peningkatan efisiensi irigasi menggunakan metode Six Sigma.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dan saran.

1.8. Kerangka pikir penelitian

Adapun kerangka pikir penelitian dapat diuraikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1.4 Bagar alir kerangka pikir penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

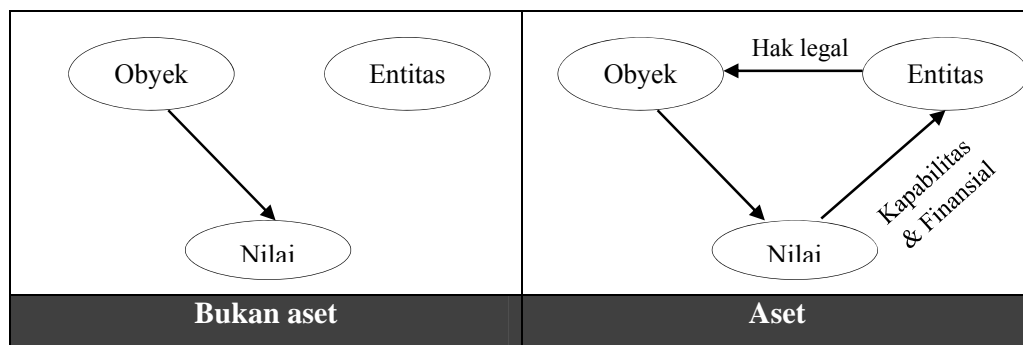
BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Manajemen aset

2.1.1. Definisi

Menurut Amadi-Echendu (2010) bahwa aset lebih dari sekedar benda fisik. Aset merupakan suatu hubungan antara obyek, entitas dan nilai, dimana nilai tersebut terhubung dengan obyek melalui entitas. Obyek dikategorikan menjadi dua yaitu, obyek teknik (*engineering objects*) dan obyek keuangan (*financial objects*). Obyek teknik (*engineering objects*) contohnya seperti inventaris, perlengkapan, lahan dan gedung atau segala sesuatu yang diatur oleh *engineering asset manager*. Sedangkan obyek keuangan (*financial objects*) contohnya seperti perdagangan surat berharga di bursa saham, hak paten dan turunan surat berharga lainnya. Entitas merupakan individu atau organisasi yang memiliki hak legal terhadap suatu obyek. Sebuah obyek dapat menjadi sebuah aset yaitu ketika sebuah entitas legal memiliki hak legal pada obyek tersebut. Pada saat itu juga nilai sebuah obyek (*capability value* dan *financial value*) dapat diketahui, diukur dan dimanfaatkan oleh entitasnya.



Gambar 2.1 Ilustrasi definisi aset (diadaptasi dari Amadi-Echendu et al., 2010)

Istilah manajemen aset telah diadopsi sebagai label untuk manajemen berbasis risiko, menyeluruh, terpadu pada infrastruktur industri, karena secara

prinsip dikembangkan di industri minyak dan gas North Sea akhir 1980-an dan awal 1990-an (Woodhouse, 2003 dalam Amadi-Echendu et al., 2010). Deregulasi dan privatisasi infrastruktur seperti utilitas, transportasi dan pelayanan publik di akhir 1980-an dan awal 1990-an telah menimbulkan di banyak organisasi untuk mengubah infrastruktur dari pembebanan bertumpu biaya dengan memanfaatkan anggaran proyek menjadi pembebanan bertumpu keuntungan dengan berkontribusi ke pertumbuhan penghasilan/pendapatan. Ini secara tidak langsung mendorong organisasi untuk mengadopsi cara tersebut dengan pendekatan yang menyeluruh, untuk mengelola aset infrastruktur mereka dan oleh karena itulah adopsi manajemen aset dilakukan.

Aset merupakan seluruh potensi yang dimiliki oleh individu atau suatu organisasi. Potensi tersebut biasanya dideskripsikan melalui bentuk yang disebut sebagai sumber daya (*resource*). Ada 4 (empat) macam sumber daya yang dimiliki oleh suatu entitas meliputi sumber daya manusia (*human resource*), sumber daya keuangan (*financial resource*), sumber daya fisik (*physical resource*), sumber daya informasi (*information resource*) dan sumber daya teknologi (*technological resource*). Karena aset merupakan sumber daya yang paling berharga, maka aset harus dikelola dengan baik dan benar. Dengan demikian nilai (*value*) dari aset tersebut tidak mengalami penurunan bahkan untuk aset-aset tertentu dapat dioptimalkan. Saat ini, pemahaman mengenai aset telah mengalami perkembangan, jenis aset yang dibahas dalam penelitian ini adalah aset fisik (*physical asset/physical resource*) atau dalam keilmuan manajemen aset disebut juga aset berwujud (*tangible asset*), sedangkan dalam keilmuan akuntansi aset berwujud ditampilkan dalam laporan keuangan sebagai aktiva tetap (*fixed asset*). Suatu aktiva tetap (juga disebut aset tidak lancar) adalah barang fisik yang memiliki nilai selama lebih dari satu tahun, misalnya, tanah, bangunan, pabrik dan mesin (Hastings, 2010).

Menurut Siregar (2004), aset secara umum adalah barang (*thing*) atau sesuatu barang (*anything*) yang mempunyai nilai ekonomi (*economic value*), nilai komersial (*commercial value*) atau nilai tukar (*exchange value*) yang dimiliki oleh badan usaha, instansi atau individu (*perorangan*). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 2005 tentang Standar Akuntansi Pemerintahan

(SAP), telah ditetapkan definisi yang tegas tentang aset. Dalam Kerangka Konseptual Akuntansi Pemerintahan, diuraikan dengan jelas tentang definisi aset, yaitu bahwa:

"Aset adalah sumber daya ekonomi yang dikuasai dan/atau dimiliki oleh pemerintah sebagai akibat dari peristiwa masa lalu dan dari mana manfaat ekonomi dan/atau sosial di masa depan diharapkan dapat diperoleh, baik oleh pemerintah maupun masyarakat, serta dapat diukur dalam satuan uang, termasuk sumber daya non keuangan yang diperlukan untuk penyediaan jasa bagi masyarakat umum dan sumber-sumber daya yang dipelihara karena alasan sejarah dan budaya".

Dengan demikian aset adalah barang atau suatu barang yang mempunyai nilai ekonomi, nilai tukar yang dimiliki oleh individu ataupun instansi maupun badan usaha yang berpotensi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Berdasarkan definisi di atas, aset dapat berarti kekayaan (harta kekayaan) atau aktiva/properti dari suatu perusahaan, badan usaha, institusi atau individu perorangan. Aset yang dimiliki oleh individu ataupun organisasi sudah semestinya dikelola dengan sebaik-baiknya.

Berdasarkan International Standart Organisation dalam ISO55000 (2014), aset adalah barang, benda atau entitas yang memiliki nilai potensial atau nilai aktual pada sebuah organisasi. Sedangkan manajemen aset adalah aktivitas organisasi yang terkoordinasi untuk merealisasikan nilai dari aset-aset.

Manajemen aset fisik adalah pengelolaan aset tetap atau tidak lancar seperti peralatan, pabrik, bangunan dan infrastruktur. Tahapan dari proses manajemen aset, termasuk penilaian bisnis awal, identifikasi kebutuhan aktiva tetap, analisis kesenjangan kemampuan, evaluasi keuangan, analisis dukungan logistik, siklus hidup biaya, manajemen penataan aset, strategi pemeliharaan, outsourcing, analisis biaya-manfaat, pelepasan dan pembaharuan. Industri-industri dimana hal ini berlaku meliputi: pembangkit listrik dan pasokan, minyak dan gas, air, jalan, kereta api, pertambangan, penerbangan, perkapalan, rumah sakit, pusat ritel, hasil produksi, distribusi, fasilitas pertahanan dan perlengkapan pertahanan, rekreasi dan fasilitas olahraga, serta sarana dan prasarana pemerintahan (Hastings, 2010). Area terbaik yang dikelola oleh manajemen aset adalah pengembangan aset

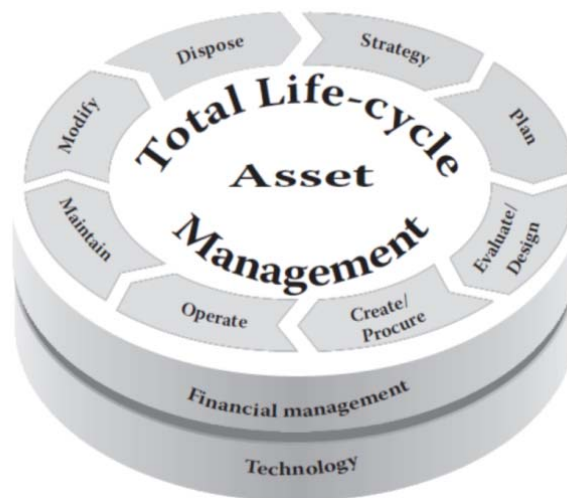
bangunan dan konstruksi, setelah perencanaan secara garis besar dan keputusan keuangan yang telah dibuat (Hastings, 2010). Sementara itu menurut Amadi-Echendu (2010), manajemen aset infrastruktur adalah proses sistematis dan strategis pengoptimalan pengambilan keputusan dalam alokasi sumberdaya, dengan tujuan pencapaian penyejajaran terencana aset infrastruktur dengan tujuan perusahaan dalam siklus hidupnya. Menurut Brown (2004), manajemen aset adalah seni menyeimbangkan antara kinerja, biaya dan risiko. Sedangkan Mitchell dan kawan-kawan (2006) menyatakan bahwa, *“Asset management is a general term that is commonly utilized in finance, real estate, building space, resource allocation and a host of other areas to mean maximizing utilization and return on asset, primarily financial”*. Berdasarkan definisi tersebut di atas dapat dinyatakan bahwa manajemen aset merupakan suatu rangkaian kegiatan mengelola aset agar memberikan manfaat yang maksimal.

2.1.2. Kegiatan dalam manajemen aset

Hasting (2010) menyatakan bahwa serangkaian kegiatan manajemen aset meliputi identifikasi aset apa yang diperlukan, identifikasi kebutuhan pendanaan, perolehan aktiva, penyediaan dukungan sistem logistik dan pemeliharaan untuk aset serta penghapusan atau pembaruan aset. Tahapan kegiatan tersebut dilakukan secara sistematis dan terintegrasi sehingga efektif dan efisien untuk memenuhi tujuan yang diinginkan. Manajemen aset sering menjadi salah satu pilihan terakhir untuk memaksimalkan penghematan biaya dalam ekonomi global yang semakin kompetitif karena kompleksitas intrinsiknya, terutama di negara berkembang.

Menurut Campbell dan kawan-kawan (2011), tahapan dalam siklus hidup aset dimulai dari strategi (*strategy*), perencanaan (*plan*), evaluasi rencana/ membuat rancangan (*evaluate/design*), pengadaan (*create/procure*), pengoperasian (*operate*), pemeliharaan (*maintain*), pengembangan (*modify*) dan penghapusan (*dispose*). Semua rangkaian siklus tersebut didukung dan dijalankan dengan manajemen keuangan yang baik sebagai pengaturan terhadap biaya-biaya yang timbul akibat adanya siklus hidup aset (*life cycle cost of asset*) dan terintegrasi oleh suatu teknologi dan membentuk suatu sistem (*asset management*

information system). Hal ini memudahkan pengelola aset untuk menganalisis dan mengelola aset-aset secara efektif dan efisien selama masa umur ekonomis aset-aset tersebut, sehingga aset-aset tersebut benar-benar memberikan nilai (*value*) yang optimal. Rangkaian kegiatan siklus hidup aset secara total dapat dilihat pada Gambar 2.2. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa selama masa umur ekonomis aset dalam siklusnya dibutuhkan kompetensi manajemen keuangan yang baik dan teknologi yang mengintegrasikan itu semua. Suatu aset akan terus dipertahankan bahkan dioptimalkan nilai/manfaat ekonomisnya selama siklus hidup aset tersebut. Untuk melakukan itu semua dibutuhkan keahlian manajerial yang baik dalam mengelola aset yaitu manajemen aset. Salah satu masalah utama pengelolaan aset adalah ketidaktertiban dalam pengelolaan data-data mengenai aset tersebut. Hal ini menyebabkan pengelola kesulitan untuk mengetahui secara pasti aset yang dikuasai/dikelolanya, sehingga aset-aset cenderung tidak optimal dalam penggunaannya, serta di sisi lain pengelola akan mengalami kesulitan untuk mengembangkan pemanfaatan aset pada masa yang akan datang.



Gambar 2.2 Siklus hidup aset (Campbel et al., 2011)

Implikasi dari pemanfaatan dan pengelolaan aset yang tidak optimal adalah tidak diperolehnya nilai kemanfaatan yang seimbang dengan nilai intrinsik dan potensi yang terkandung dalam aset itu sendiri. Misalnya dari aspek ekonomis

adalah tidak diperolehnya *revenue* yang sepadan dengan besaran nilai aset yang dimiliki, yang merupakan salah satu sumber pendapatan potensial bagi pemilik dan/atau pengelola, atau dengan kata lain *return on asset* (ROA)-nya rendah. Manajemen aset dibutuhkan untuk membentuk dan menerapkan pemahaman mengenai pentingnya aset bagi para pengelola sesuai dengan kapasitas, wewenang dan tanggung jawabnya serta bagi para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan dalam suatu organisasi (Hasting, 2010).

Berdasarkan Pasal 3 ayat (2) Peraturan Pemerintah Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah menyebutkan bahwa pengelolaan barang (aset) milik negara/daerah meliputi perencanaan kebutuhan dan penganggaran, pengadaan, penggunaan, pemanfaatan, pengamanan dan pemeliharaan, penilaian, penghapusan, pemindahtanganan, penatausahaan, pembinaan, pengawasan dan pengendalian. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, pengelolaan barang milik daerah meliputi; perencanaan kebutuhan dan penganggaran, pengadaan, penerimaan, penyimpanan dan penyaluran, penggunaan, penatausahaan, pemanfaatan, pengamanan dan pemeliharaan, penilaian, penghapusan, pemindahtanganan, pembinaan, pengawasan dan pengendalian, pembiayaan dan tuntutan ganti rugi.

a. Perencanaan kebutuhan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah dan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, menjelaskan bahwa perencanaan kebutuhan adalah kegiatan merumuskan rincian kebutuhan barang milik daerah untuk menghubungkan pengadaan barang yang telah lalu dengan keadaan yang sedang berjalan sebagai dasar dalam melakukan tindakan pemenuhan kebutuhan yang akan datang. Perencanaan kebutuhan disusun dalam Rencana Kerja dan Anggaran (RKA) dengan memperhatikan ketersediaan barang milik daerah yang sudah ada. Perencanaan ini harus berpedoman pada standarisasi barang dan standarisasi kebutuhan barang/sarana prasarana perkantoran. Menurut

Mardiasmo (2004) pemerintah daerah perlu membuat perencanaan kebutuhan aset yang akan digunakan/dimiliki. Berdasarkan rencana tersebut, pemerintah daerah kemudian mengusulkan anggaran pengadaannya. Dalam hal ini, masyarakat dan Dewan Perwakilan Rakyat Daerah (DPRD) perlu melakukan pengawasan (monitoring) mengenai apakah aset (kekayaan) yang direncanakan untuk dimiliki daerah tersebut benar-benar dibutuhkan daerah.

b. Pengadaan

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2006 tentang Perubahan Keempat atas Keputusan Presiden Nomor 80 tahun 2003 Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah, menjelaskan bahwa pengadaan barang/jasa pemerintah adalah kegiatan pengadaan barang/jasa yang dibiayai dengan APBN/APBD, baik yang dilaksanakan secara swakelola maupun oleh penyedia barang/jasa. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, menjelaskan bahwa pengadaan adalah kegiatan untuk melakukan pemenuhan kebutuhan barang daerah dan jasa. Pengadaan barang milik daerah dilaksanakan berdasarkan prinsip-prinsip efisien, efektif, transparan dan terbuka, bersaing, adil/tidak diskriminatif dan akuntabel. Mardiasmo (2004) menjelaskan pengadaan barang atau kekayaan daerah harus dilakukan berdasarkan sistem tender (*compulsory competitive tendering contract*). Hal tersebut dilakukan supaya pemerintah daerah dan masyarakat tidak dirugikan.

c. Pengamanan dan pemeliharaan

Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, menjelaskan bahwa pemeliharaan adalah kegiatan atau tindakan yang dilakukan agar semua barang milik daerah selalu dalam keadaan baik dan siap untuk digunakan secara berdaya guna dan berhasil guna. Pengamanan adalah kegiatan tindakan pengendalian dalam pengurusan barang milik daerah dalam bentuk fisik, administratif dan tindakan upaya hukum. Siregar (2004) mengatakan legal audit, merupakan suatu ruang lingkup untuk

mengidentifikasi dan mencari solusi atas permasalahan legal mengenai prosedur penguasaan atau pengalihan aset seperti status hak penguasaan yang lemah, aset yang dikuasai pihak lain, pemindahan aset yang tidak termonitor dan lain-lain. Mardiasmo (2004) menyatakan bahwa pengamanan aset daerah merupakan salah satu sasaran strategis yang harus dicapai daerah dalam kebijakan pengelolaan aset daerah.

d. Inventarisasi

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah dan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, menjelaskan bahwa inventarisasi adalah kegiatan untuk melakukan pendataan, pencatatan, dan pelaporan hasil pendataan barang milik daerah. Menurut Siregar (2004) inventarisasi aset terdiri dari dua aspek yaitu inventarisasi fisik dan yuridis/legal. Aspek fisik terdiri dari bentuk, luas, lokasi, volume/jumlah, jenis, alamat dan lain-lain, sedangkan aspek yuridis adalah status penguasaan, masalah legal yang dimiliki, batas akhir penguasaan. Proses kerjanya adalah dengan melakukan pendaftaran labeling, cluster, secara administrasi sesuai dengan manajemen aset. Mardiasmo (2004) menjelaskan bahwa pemerintah daerah perlu mengetahui jumlah dan nilai kekayaan daerah yang dimilikinya, baik yang saat ini dikuasai maupun yang masih berupa potensi yang belum dikuasai atau dimanfaatkan. Untuk itu pemerintah daerah perlu melakukan identifikasi dan inventarisasi nilai dan potensi aset daerah. Kegiatan identifikasi dan inventarisasi dimaksudkan untuk memperoleh informasi yang akurat, lengkap dan mutakhir mengenai kekayaan daerah yang dimiliki atau dikuasai oleh pemerintah daerah.

e. Penilaian

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah dan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, penilaian adalah suatu proses

kegiatan penelitian yang selektif didasarkan pada data/fakta yang obyektif dan relevan dengan menggunakan metode/teknis tertentu untuk memperoleh nilai barang milik daerah. Dalam rangka menyusun neraca pemerintah perlu diketahui berapa jumlah aset negara sekaligus nilai dari aset tersebut. Untuk diketahui nilainya maka barang milik negara secara periodik harus dilakukan penilaian baik oleh pengelola barang ataupun melibatkan penilai independent sehingga dapat diketahui nilai barang milik negara secara tepat. Untuk penilaian berupa tanah dan atau bangunan menggunakan patokan Nilai Jual Obyek Pajak (NJOP). Menurut Siregar (2004) penilaian aset merupakan suatu proses kerja untuk melakukan penilaian atas aset yang dikuasai. Untuk itu pemerintah daerah dapat melakukan outsourcing kepada konsultan penilai yang profesional dan independent. Hasil dari nilai tersebut akan dimanfaatkan untuk mengetahui nilai kekayaan maupun informasi untuk penetapan bagi aset yang akan dijual.

f. Pemanfaatan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah dan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, pemanfaatan adalah pendayagunaan barang milik daerah yang tidak dipergunakan sesuai dengan tugas pokok dan fungsi Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) dalam bentuk sewa, pinjam pakai, kerjasama pemanfaatan, bangun guna serah dan bangun serah guna dengan tidak mengubah status kepemilikan. Bentuk-bentuk pemanfaatan barang milik daerah adalah seperti berikut ini.

- 1) Sewa yaitu pemanfaatan barang milik daerah oleh pihak lain dalam jangka waktu tertentu dengan menerima imbalan uang tunai.
- 2) Pinjam Pakai yaitu penyerahan penggunaan barang antara Pemerintah Pusat dengan Pemerintah Daerah dan antar Pemerintah Daerah dalam jangka waktu tertentu tanpa menerima imbalan dan setelah jangka waktu tersebut berakhir diserahkan kembali kepada pengelola.

- 3) Kerjasama Pemanfaatan yaitu pendayagunaan barang milik daerah oleh pihak lain dalam jangka waktu tertentu dalam rangka peningkatan penerimaan daerah bukan pajak/pendapatan daerah dan sumber pembiayaan lainnya.
- 4) Bangun Guna Serah yaitu pemanfaatan barang milik daerah berupa tanah oleh pihak lain dengan cara mendirikan bangunan dan/atau sarana berikut fasilitasnya, kemudian didayagunakan oleh pihak lain tersebut dalam jangka waktu tertentu yang telah disepakati, untuk selanjutnya diserahkan kembali tanah beserta bangunan dan/atau sarana berikut fasilitasnya setelah berakhirnya jangka waktu.
- 5) Bangun Serah Guna yaitu pemanfaatan barang milik daerah berupa tanah oleh pihak lain dengan cara mendirikan bangunan dan/atau sarana berikut fasilitasnya, dan setelah selesai pembangunan diserahkan untuk didayagunakan oleh pihak lain dalam jangka waktu tertentu yang disepakati.

Sehubungan dengan pemanfaatan aset daerah, khususnya berupa benda tidak bergerak yang berbentuk tanah atau bangunan/gedung, terutama yang belum didayagunakan secara optimal sehingga dapat memberikan value added, value in use dan mampu menaikkan nilai ekonomi aset bersangkutan, maka dapat dilaksanakan melalui penggunausahaan yaitu pendayagunaan aset daerah (tanah dan atau bangunan) oleh pihak ketiga (perusahaan swasta) dalam bentuk BOT (*Build-Operate-Transfer*), BTO (*Build-Transfer-Operate*), BT (*Build-Transfer*), KSO (Kerja Sama Operasi) dan bentuk lainnya (Siregar, 2004).

g. Pengawasan dan pengendalian

Untuk menjamin kelancaran penyelenggaraan pengelolaan barang milik daerah secara berdayaguna dan berhasilguna, maka fungsi pembinaan, pengawasan dan pengendalian sangat penting untuk menjamin tertib administrasi pengelolaan barang milik daerah. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, menjelaskan bahwa pengendalian merupakan usaha atau kegiatan untuk menjamin dan mengarahkan agar

pekerjaan yang dilaksanakan berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan sedangkan pengawasan merupakan usaha atau kegiatan untuk mengetahui dan menilai kenyataan yang sebenarnya mengenai pelaksanaan tugas dan/atau kegiatan, apakah dilakukan sesuai peraturan perundang-undangan. Siregar (2004) mengatakan pengawasan dan pengendalian, dalam pemanfaatan dan pengalihan aset merupakan suatu permasalahan yang sering terjadi pada pemerintah daerah saat ini. Suatu sarana yang efektif dalam meningkatkan kinerja aspek ini adalah melalui pengembangan SIMA (Sistem Informasi Manajemen Aset). Melalui sistem ini maka transparansi kerja dalam pengelolaan aset sangat terjamin dan dapat diawasi dengan jelas, karena keempat aspek di atas diakomodir dalam suatu sistem yang termonitor dengan jelas seperti sistem arus keuangan yang terjadi di perbankan, sehingga penanganan dan pertanggungjawaban dari tingkat pelaksana hingga pimpinan mempunyai otoritas yang jelas. Mardiasmo (2004) menjelaskan bahwa pengawasan yang ketat perlu dilakukan sejak tahap perencanaan hingga penghapusan aset. Dalam hal ini peran masyarakat dan DPRD serta auditor internal sangat penting. Pengawasan diperlukan untuk menghindari penyimpangan dalam perencanaan maupun pengelolaan aset yang dimiliki daerah.

h. Sistem informasi data

Untuk mencapai tujuan pengelolaan aset secara terencana, terintegrasi, dan sanggup menyediakan data dan informasi yang dikehendaki dalam tempo yang singkat, diperlukan suatu sistem informasi pendukung pengambilan keputusan atas aset (*decision support system*), yang disebut sebagai Sistem Informasi Manajemen Aset (Siregar, 2004). Mardiasmo (2004) menjelaskan untuk pengelolaan aset daerah secara efisien dan efektif serta menciptakan transparansi kebijakan pengelolaan aset daerah, maka pemerintah daerah perlu memiliki atau mengembangkan sistem informasi manajemen yang komprehensif dan handal sebagai alat pengambilan keputusan. Sistem tersebut bermanfaat untuk menghasilkan laporan pertanggungjawaban, selain itu juga bermanfaat untuk dasar pengambilan keputusan mengenai kebutuhan pengadaan barang dan

estimasi kebutuhan belanja pembangunan (modal) dalam penyusunan APBD.

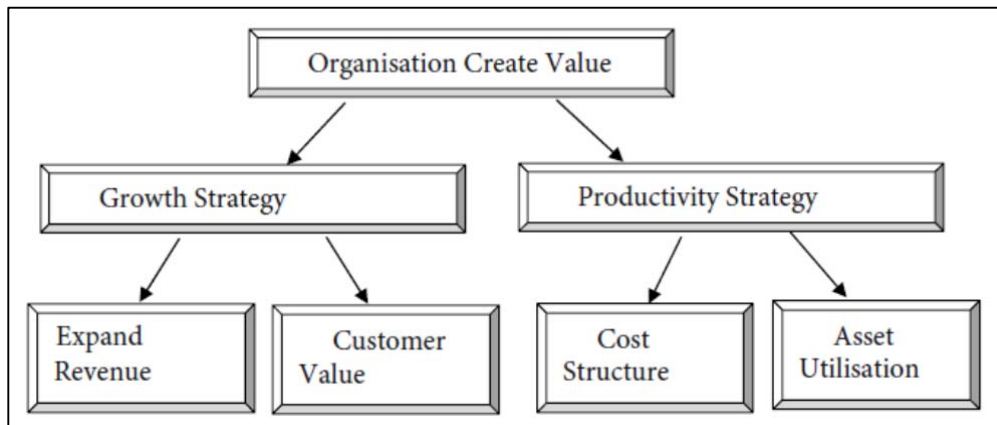
i. Penghapusan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah dan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah, penghapusan adalah tindakan menghapus barang milik daerah dari daftar barang dengan menerbitkan surat keputusan dari pejabat yang berwenang untuk membebaskan pengguna dan/atau kuasa pengguna dan/atau pengelola dari tanggung jawab administrasi dan fisik atas barang yang berada dalam penguasaannya. Mardiasmo (2004) menyatakan bahwa penghapusan aset daerah merupakan salah satu sasaran strategis yang harus dicapai daerah dalam kebijakan pengelolaan aset daerah guna mewujudkan ketertiban administrasi mengenai kekayaan daerah.

Sejalan dengan kegiatan-kegiatan di atas, juga perlu adanya upaya optimalisasi aset. Optimalisasi aset merupakan proses yang bertujuan mengoptimalkan potensi fisik, lokasi, nilai, jumlah, legal dan ekonomi yang dimiliki aset tersebut. Dalam tahapan ini, aset-aset yang dikuasai pemerintah diidentifikasi dan dikelompokkan atas aset yang memiliki potensi dan tidak memiliki potensi. Aset yang memiliki potensi dapat dikelompokkan berdasar sektor-sektor unggulan yang menjadi tumpuan dalam strategi pengembangan ekonomi nasional, jangka pendek, menengah maupun jangka panjang. Sedangkan aset yang tidak dapat dioptimalkan, harus dicari faktor penyebabnya. Apakah faktor permasalahan legal, fisik, nilai ekonomi yang rendah atau faktor lainnya. Hasil akhir dari tahapan ini adalah rekomendasi yang berupa sasaran, strategi dan program untuk mengoptimalkan aset yang dikuasai (Siregar, 2004).

2.1.3. Tujuan manajemen aset

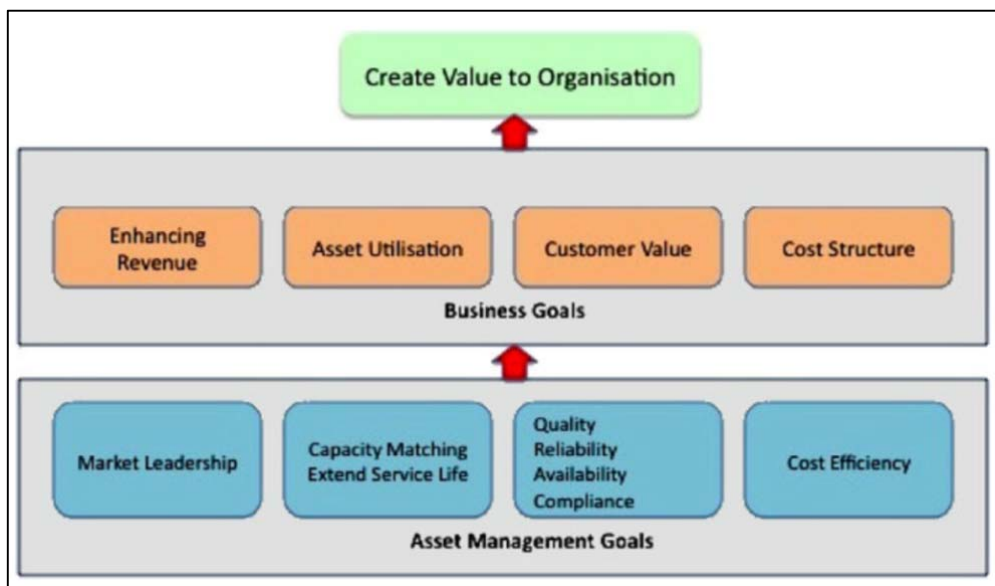
Sudah jelas bahwa tujuan manajemen aset tidak dapat memasukan setiap perhatian dan harapan seluruh stakeholder. Menurut Woodhouse (Woodhouse, 2002) menyatakan bahwa rahasia sukses pada inti manajemen aset adalah “memilih arah yang benar meskipun ekspektasi stakeholder berkonflik dan tidak ada kepastian, serta memastikan seluruh organisasi bersamamu”. Dengan konsekuensi, tujuan manajemen aset perlu untuk menuju sebuah dimensi yang merefleksikan kepentingan stakeholder dalam cakupan yang lebih luas. Menurut Kaplan & Norton (2004) organisasi dapat mencapai nilai pemegang saham yang berkelanjutan dengan strategi produktivitas dan strategi pertumbuhan. Untuk mencapai strategi pertumbuhan, tujuan bisnis harus mengarah pada peningkatan peluang untuk memperluas pendapatan dan meningkatkan nilai pelanggan. Untuk mencapai strategi produktivitas, tujuan bisnis harus meningkatkan struktur biaya dan meningkatkan pemanfaatan aset. Hubungan kedua strategi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bagaimana organisasi membuat nilai (Kaplan & Norton, 2004 dalam Amadi-Echendu et al., 2010)

Dalam manajemen aset infrastruktur, manager aset harus melihat aset infrastruktur dalam kepedulian mereka, sebagai sumberdaya bisnis yang terpadu, yang perlu dikelola sebagai gabungan usaha (*total enterprise*) (Too and Tay, 2008

dalam Amadi-Echendu et al., 2010). Jika aset infrastruktur adalah sumberdaya bisnis, maka tujuan manajemen aset infrastruktur harus mendukung tujuan bisnis, contohnya seperti aset infrastruktur harus membangkitkan pendapatan dan mempertemukan kebutuhan bisnis tanpa mengabaikan keberlanjutan dan daya saing bisnis di masa depan. Oleh karena itu, aset manager perlu mengembangkan tujuan manajemen aset yang sejalan dengan strategi bisnis tersebut dalam rangka mewujudkan nilai bagi organisasi.



Gambar 2.4 Hubungan simbiosis antara tujuan bisnis dan tujuan manajemen aset (Amadi-Echendu et al., 2010)

Tujuan manajemen aset tersebut harus mencapai salah satu dari sekian tujuan bisnis dalam rangka menambah nilai bagi organisasi. Ada banyak tujuan yang bisa dikejar dalam manajemen aset infrastruktur dalam rangka mendukung operasi bisnis. Gambar 2.4 menggambarkan hubungan simbiosis antara tujuan bisnis dan tujuan manajemen aset. Adapun tujuan manajemen aset dapat diuraikan sebagai berikut (Amadi-Echendu et al., 2010).

- a. untuk mewujudkan efisiensi biaya (*cost efficiency*)
- b. untuk memperpanjang umur pelayanan aset (*extend service life*)

- c. untuk menjamin kapasitas pelayanan sesuai dengan permintaan (*capacity matching*)
- d. untuk meningkatkan kualitas dan daya tahan aset (*quality and durability*)
- e. untuk menjamin ketersediaan aset selama waktu pelayanan (*availability*)
- f. untuk menjamin keandalan aset (*reliability*)
- g. untuk menjamin ketaatan pada ketentuan yang berlaku (*compliance*)
- h. untuk mewujudkan *trend setter* atau kepemimpinan pasar (*market leadership*)

2.2. Manajemen pemeliharaan

2.2.1. Definisi

Menurut Gulati (2013), pemeliharaan adalah berkaitan dengan menjaga sebuah aset dalam kondisi berkerja baik, sehingga aset tersebut memungkinkan dapat digunakan untuk kapasitas produksi sepenuhnya. Fungsi pemeliharaan mencakup perawatan dan perbaikan. Pemeliharaan juga didefinisikan sebagai pekerjaan menjaga sesuatu dalam kondisi baik. Dalam definisi yang lebih luas adalah:

- menjaga sesuai ‘rancangan’ atau kondisi yang dapat diterima;
- menjaga dari kerugian sebagian atau seluruh kapabilitas fungsional; dan
- mengawetkan atau melindungi.

Definisi di atas menjelaskan bahwa istilah ‘pemeliharaan’ memasukan tugas-tugas yang menunjukkan pencegahan kerusakan dan tugas-tugas yang menunjukkan pemulihan aset ke kondisi awalnya.

Paradigma baru dalam pemeliharaan adalah berhubungan pada jaminan kapasitas (*capacity assurance*) (Gulati, 2013). Dengan pemeliharaan yang baik, kapasitas sebuah aset dapat diwujudkan pada tingkat yang didesain. Contohnya, kapasitas desain perlengkapan produksi adalah x unit per jam dapat diwujudkan hanya jika perlengkapan dioperasikan tanpa mempertimbangkan waktu mati (*downtime*) untuk perbaikan.

Tingkat kapasitas yang dapat diterima adalah tingkat kapasitas target yang ditentukan oleh manajemen. Tingkat kapasitas ini tidak dapat lebih dari kapasitas

desain. Mempertimbangkan perlengkapan produksi yang didesain untuk membuat 500 unit per jam pada biaya pemeliharaan \$150 per jam. Jika perlengkapan mati 10% dari waktu produksi pada tingkat biaya pemeliharaan tersebut, tingkat produksi akan berkurang menjadi 450 unit per jam. Akan tetapi, jika departemen pemeliharaan bekerja sama dengan departemen produksi sebagai tim, dapat mencari cara untuk mengurangi *downtime* perlengkapan dari 10% menjadi 5% pada peningkatan kecil biaya pemeliharaan per jam, pengurangan ini akan meningkatkan output produksi sekitar 25 unit per jam. Sehingga itu masuk akal bahwa pihak manajemen dapat menjustifikasi peningkatan biaya pemeliharaan. Jadi kapasitas dapat ditingkatkan menjadi lebih dekat ke kapasitas desain dengan mengurangi *downtime* perlengkapan produksi.

Sayangnya, literatur terkait praktik pemeliharaan selama beberapa dekade yang lalu, mengindikasikan bahwa sebagian besar perusahaan tidak menyediakan sumberdaya penting untuk memelihara aset dalam tata cara kerja yang benar. Aset agak dibiarkan rusak/gagal, kemudian sumberdaya ala kadarnya yang dibutuhkan, disediakan untuk memperbaiki atau mengganti aset atau komponen yang rusak/gagal. Dalam kenyataan, fungsi pemeliharaan dipandang sebagai kebutuhan buruk dan tidak menerima perhatian semestinya.

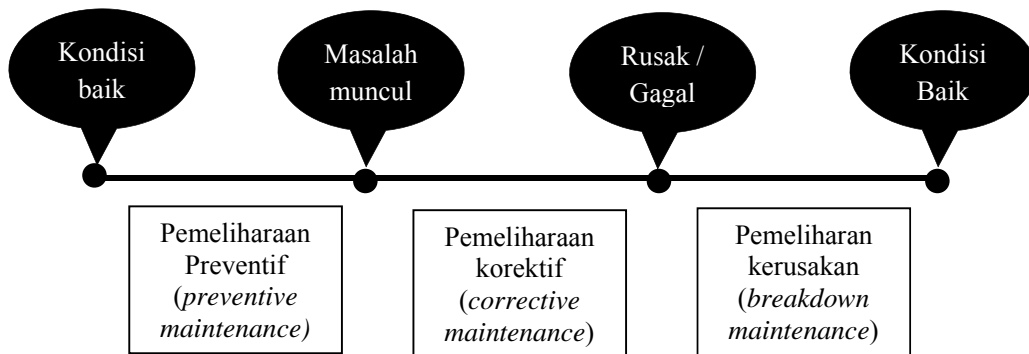
Akan tetapi, dalam beberapa tahun terakhir, praktik tersebut telah berubah secara dramatis. Dunia perusahaan telah mulai mengakui kenyataan bahwa pemeliharaan memberikan nilai tambah. Hal itu sangat memberi harapan untuk melihat bahwa pemeliharaan sedang berpindah dari yang disebut operasi “ruang belakang (*backroom*)” ke operasi “ruang pentas perusahaan (*corporate board room*)”. Sebuah kasus terkait hal ini – di laporan tahunan 2006 untuk broker investasi di Wall Street, CEO Eastman Chemical memasukkan beberapa slide ke dalam presentasinya yang berhubungan dengan pemeliharaan dan reabilitas menitikberatkan strategi perusahaan dalam meningkatkan ketersediaan perlengkapan dengan menyediakan sumberdaya yang cukup untuk pemeliharaan (Gulati, 2013).

2.2.2. Tipe pemeliharaan

Ada 3 (tipe) dalam pemeliharaan (Mobley, 2008), yaitu (1) pemeliharaan kerusakan (*breakdown maintenance*); (2) pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*); dan (3) pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*). Perbedaan secara prinsip tipe pemeliharaan di atas adalah pada titik kejadian kapan perbaikan atau pemeliharaan tersebut diimplementasikan.

Dalam pemeliharaan kerusakan (*breakdown maintenance*), perbaikan tidak akan terjadi sampai aset gagal fungsi. Tipe pemeliharaan ini tidak efektif, buruk perencanaannya, hanya fokus pada gejala nyata bukan akar penyebabnya dan sangat mahal biayanya.

Sementara itu pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilakukan sebelum masalah terjadi. Pemeliharaan preventif akan memanfaatkan evaluasi reguler aset kritis, untuk mendeteksi potensi masalah dan dengan seketika jadwal tugas pemeliharaan akan mencegah degradasi dalam kondisi beroperasi.



Gambar 2.5 Ilustrasi perbedaan tipe pemeliharaan (Mobley, 2008)

Pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki spesifik masalah yang telah teridentifikasi dalam sistem. Prinsip konsep pemeliharaan korektif adalah perbaikan yang benar dan sempurna pada semua masalah yang baru muncul merupakan sebuah kebutuhan dasar. Adapun ilustrasi dari tipe pemeliharaan tersebut dapat dilihat pada Gambar

2.5. Program pemeliharaan yang komprehensif harus menggunakan kombinasi dari ketiga tipe pemeliharaan tersebut (Mobley, 2008).

2.2.3. Indikator kinerja kunci pemeliharaan

Dalam hal indikator kinerja kunci pemeliharaan sering dikatakan bahwa “apa yang dapat diukur dapat diselesaikan” dan “jika kita tidak dapat mengukur, kita tidak dapat meningkatkannya”. Indikator kinerja kunci, yang juga disebut tolok ukur (*metrics*), merupakan alat manajemen penting untuk mengukur kinerja dan membantu dalam upaya peningkatan/perbaikan. Akan tetapi, terlalu banyak perhatian pada indikator kinerja atau pada indikator yang salah, mungkin bukan pendekatan yang benar. Indikator yang terpilih tidak seharusnya mudah untuk dimanipulasi sekedar untuk “terasa baik”. Kriteria berikut ini direkomendasikan untuk pemilihan indikator kinerja kunci/tolok ukur yang terbaik.

- Harus mendorong perilaku yang benar
- Harus sulit untuk dimanipulasi
- Harus mudah untuk diukur dalam pengumpulan data dan pelaporan

Beberapa indikator kinerja kunci/tolok ukur pemeliharaan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Tolok Ukur Pemeliharaan (Gulati, 2013)

Tolok Ukur	Tipikal	Kelas Dunia
Biaya Pemeliharaan % dari Nilai Perkiraan Penggantian (<i>Maintenance cost % of Estimated Replacement Value</i>)	3 – 9 %	2.5 – 3.5 %
Kehilangan/Penghentian Produksi (<i>Production Loss – Breakdowns</i>)	5 – 10 %	< 1 %
Pemeliharaan Korektif/Reaktif tak terjadwal (<i>Reactive/Corrective Maintenance Unscheduled</i>)	40 – 55 %	< 10 %
Pemeliharaan Terencana (<i>Planned</i>)	40 – 70 %	85 – 90 %

Tolok Ukur	Tipikal	Kelas Dunia
<i>Maintenance</i>)		
Kelebihan waktu/lembur (<i>Overtime</i>)	10 – 20 %	< 5 %
Pengerjaan Ulang Pemeliharaan Kualitas (<i>Rework Maintenance Quality</i>)	~10 %	< 1 %

2.2.4. Strategi pemeliharaan

Kondisi aset akan selalu memburuk pada akhir masa manfaat. Penyusutan mencerminkan kerugian kondisi dalam pengertian luas. Jika kondisi sebuah aset seperti itu, dimana tidak dapat lagi melayani manfaat fungsionalnya, maka tindakan korektif harus diambil untuk mengembalikan fungsionalitasnya (Hastings, 2015).

Berdasarkan hal di atas dapat diketahui bahwa dalam pemeliharaan diperlukan strategi. Strategi-strategi pemeliharaan diterapkan untuk perlengkapan sarana infrastruktur mencakup juga penggantian (*replacement*) dan pertukaran (*exchanged*). Memilih strategi untuk sekelompok aset tergantung pada beragam kondisi yang membatasi sehingga harus dipertimbangkan kasus per kasus (Balzer et al., 2015). Kondisi yang membatasi tersebut diantaranya seperti:

- Kecenderungan penurunan kualitas pada perlengkapan
- Konsekuensi dalam kasus penurunan kualitas/ketidakterediaan
- Perbandingan biaya pemeliharaan dengan biaya investasi
- Penggantian seluruh perlengkapan
- Waktu perbaikan selama operasi
- Ketersediaan suku cadang
- Teknologi dan lain-lain.

Menurut Balzer (2015) strategi pemeliharaan dikembangkan berdasarkan salah satu atau kombinasi dari target pemeliharaan yang berbeda-beda. Adapun target-target pemeliharaan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

- a. Optimisasi perlengkapan/peralatan
- b. Biaya siklus hidup minimum

- c. Optimisasi sumberdaya
- d. Risiko minimum
- e. Peluang tambahan untuk pengembangan perlengkapan lebih jauh
- f. Meningkatkan ketersediaan
- g. Optimisasi seluruh sistem

Sementara itu menurut Duffuuaa (2015), bahwa strategi pemeliharaan disusun dengan mengacu pada tipe pemeliharaan. Sehingga sebuah tipe pemeliharaan atau kombinasi dari beberapa tipe pemeliharaan dapat menjadi sebuah strategi pemeliharaan. Adapun strategi pemeliharaan menurut Duffuuaa (2015) adalah sebagai berikut.

- a. Pemeliharaan korektif/kerusakan (*breakdown/corrective maintenance*)
- b. Pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*)
 - Pemeliharaan preventif berbasis waktu atau pemakaian (*time or use-based preventive maintenance*)
 - Pemeliharaan preventif berbasis kondisi (*condition-based preventive maintenance*)
- c. Pemeliharaan karena ada peluang (*opportunity maintenance*)
- d. Pencarian kerusakan/kegagalan (*fault finding*)
- e. Modifikasi desain (*design modification*)
- f. Pemeriksaan komprehensif (*overhaul*)
- g. Penggantian (*replacement*)
- h. Pemeliharaan berbasis keandalan (*reliability-centered maintenance*)
- i. Pemeliharaan produktif total (*total productive maintenance*)

2.2.5. Teknik analisis pemeliharaan

Banyak teknik analisis yang dapat digunakan dalam manajemen pemeliharaan. Menurut Gulati (2013) teknis analisis yang dapat digunakan dalam menjalankan manajemen pemeliharaan adalah sebagai berikut.

- a. *Root Cause Analysis (RCA)*

Merupakan metodologi langkah demi langkah yang membimbing ke arah penemuann penyebab utama (akar masalah) dari

kerusakan/kegagalan. RCA terdiri dari 4 (empat) tipe, yaitu *safety-based*, *production-based*, *process-based*, dan *asset failure-based*.

b. *Six Sigma*

Six Sigma adalah suatu alat manajemen baru yang digunakan untuk mengganti Total Quality Management (TQM), sangat terfokus terhadap pengendalian kualitas dengan mendalami sistem produksi perusahaan secara keseluruhan. Memiliki tujuan untuk, menghilangkan cacat produksi, memangkas waktu pembuatan produk, dan menghilangkan biaya. Six Sigma juga disebut sistem komprehensif - maksudnya adalah strategi, disiplin ilmu, dan alat - untuk mencapai dan mendukung kesuksesan bisnis. Six Sigma disebut strategi karena terfokus pada peningkatan kepuasan pelanggan, disebut disiplin ilmu karena mengikuti model formal, yaitu DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) dan alat karena digunakan bersamaan dengan yang lainnya, seperti Diagram Pareto (Pareto Chart) dan Histogram. Kesuksesan peningkatan kualitas dan kinerja bisnis, tergantung dari kemampuan untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah. Kemampuan ini adalah hal fundamental dalam filosofi Six Sigma.

c. *Lean thinking*

Adalah praktik produksi yang mempertimbangkan segala pengeluaran sumber daya yang ada untuk mendapatkan nilai ekonomis terhadap pelanggan tanpa adanya pemborosan, dan pemborosan inilah yang menjadi target untuk dikurangi. Pada dasarnya, lean berpusat pada "mendapatkan nilai dengan sesedikit mungkin pekerjaan". Lean manufaktur merupakan filosofi yang dikembangkan oleh Toyota dalam Toyota Production System (TPS). TPS dikenal karena fokusnya mengurangi pemborosan yakni dalam bahasa Jepang "muda" (pekerjaan yang tidak memberi nilai tambah), "muri" (pekerjaan yang berlebihan) dan "mura" (ketidakseimbangan), dengan menemukan masalah secara sistematis.

d. *5 Why Analysis*

Merupakan teknik tanya-jawab sederhana untuk menyelidiki hubungan sebab akibat yang menjadi akar dari suatu permasalahan. Teknik ini adalah praktik bertanya “mengapa” sebanyak lima kali. Teknik ini dikembangkan oleh Sakichi Toyoda yang kemudian dipakai di dalam perusahaan Toyota Motor Corporation. Pada tahun 1970-an, strategi 5 Mengapa (*5 Why*) dipopulerkan oleh Sistem Produksi Toyota. Metode ini sekarang dipakai sebagai salah satu metode dalam strategi Six Sigma

e. *Cause-and-Effects Analysis (Fishbone Diagram)*

Diagram Ishikawa (disebut juga diagram tulang ikan, atau cause-and-effect matrix) adalah diagram yang menunjukkan penyebab-penyebab dari sebuah even yang spesifik. Diagram ini pertama kali diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa (1968). Pemakaian diagram Ishikawa yang paling umum adalah untuk mencegah cacat serta mengembangkan kualitas produk. Diagram Ishikawa dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang signifikan memberi efek terhadap sebuah kejadian.

f. *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)*

Adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh engineers untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem. Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya,
- Efek dari kegagalan tersebut,
- Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

g. *Fault Tree Analysis*

Suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *Top Event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*)

h. *The Theory of Constraints (TOC)*

Merupakan sebuah filosofi manajemen yang mula-mula dikembangkan oleh Eliyahu M. Goldratt dan dikenalkan dalam bukunya, *The Goal*. Dapat diartikan bahwa TOC adalah suatu pendekatan ke arah peningkatan proses yang berfokus pada elemen-elemen yang dibatasi untuk meningkatkan output. Hal ini berdasarkan fakta bahwa, seperti sebuah rantai dengan link yang paling lemah, dalam beberapa system yang kompleks pada waktu tertentu, sering terdapat satu aspek dalam system yang membatasi kemampuannya untuk mencapai lebih banyak tujuannya. Usaha yang berfokus pada masalah dapat meningkatkan atau memaksimumkan kembali inisiatif yang ada. agar system tersebut mencapai kemajuan yang signifikan, hambatannya perlu untuk diidentifikasi dan keseluruhan system perlu diatur. Sesekali elemen proses yang dibatasi diperbaiki, link paling lemah yang berikutnya dapat ditujukan dalam suatu pendekatan iterative.

i. *Affinity Analysis/Diagram*

Suatu alat atau metode brainstorming yang menggunakan diagram untuk mengorganisasikan sejumlah besar ide-ide ke dalam hubungan alamiah mereka. Diagram Afinitas juga dapat digunakan untuk mendorong ide-ide atau pemikiran-pemikiran yang kreatif untuk penyelesaian suatu masalah. Diagram Afinitas (*Affinity Diagram*) atau sering disebut juga dengan Metode K-J ini pertama kali diperkenalkan oleh seorang Ahli Antropologi Jepang yang bernama Jiro Kawakita pada tahun 1960-an. K-J adalah singkatan dari Kawakita Jiro.

j. *Barrier Analysis*

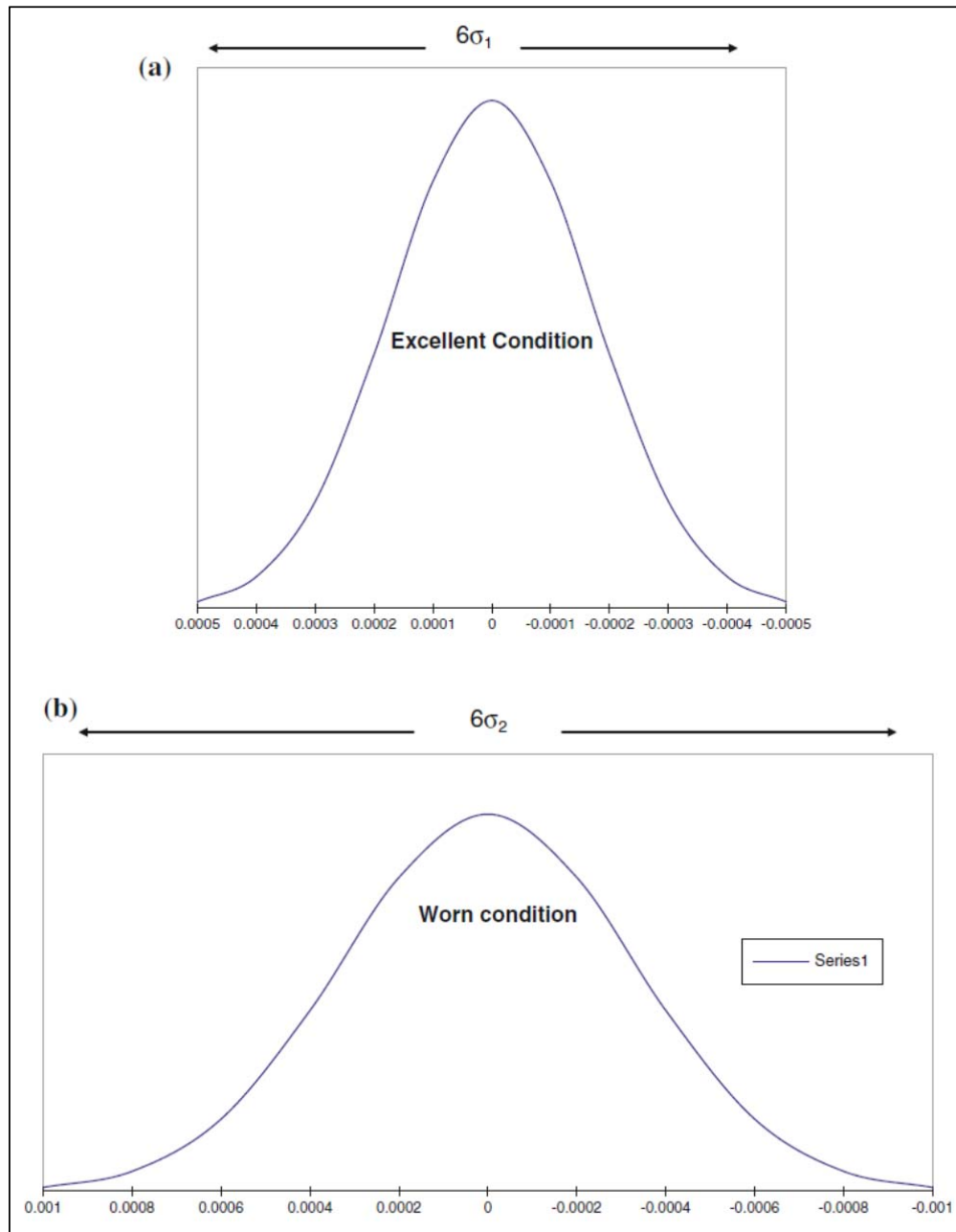
Suatu investigasi atau metode desain yang melibatkan penelusuran kembali tentang jalur yang mana target dipengaruhi oleh bahaya, termasuk identifikasi dari adanya kegagalan yang dapat mencegah pengaruh yang tidak diinginkan. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengidentifikasi jalur yang tidak terproteksi atau *barrier* dan pengendalian yang ada namun tidak efektif. Kesuksesan dari *Barrier analysis* tergantung pada kelengkapan dan ketelitian identifikasi dari seluruh jalur (*pathways*)

2.2.6. Hubungan pemeliharaan dengan kualitas

Pemeliharaan dapat berkontribusi secara signifikan dalam peningkatan dan menjaga kualitas produk, contohnya seperti kapabilitas peralatan mesin yang berada pada kondisi bagus akan memproduksi lebih dari 99% bagian dengan toleransi yang dapat diterima.

Gambar 2.6 menunjukkan distribusi karakteristik kualitas produk. Setelah mesin dalam perbaikan beberapa waktu dan aus terdapat pada beberapa bagian mesin, maka mesin akan lebih bising dan bergetar. Distribusi karakteristik kualitas akan lebih bervariasi dan banyak bagian produk akan diproduksi di luar spesifikasi. Ditambah lagi, banyaknya bagian produk akan memiliki karakteristik kualitas yang jauh dari nilai target.

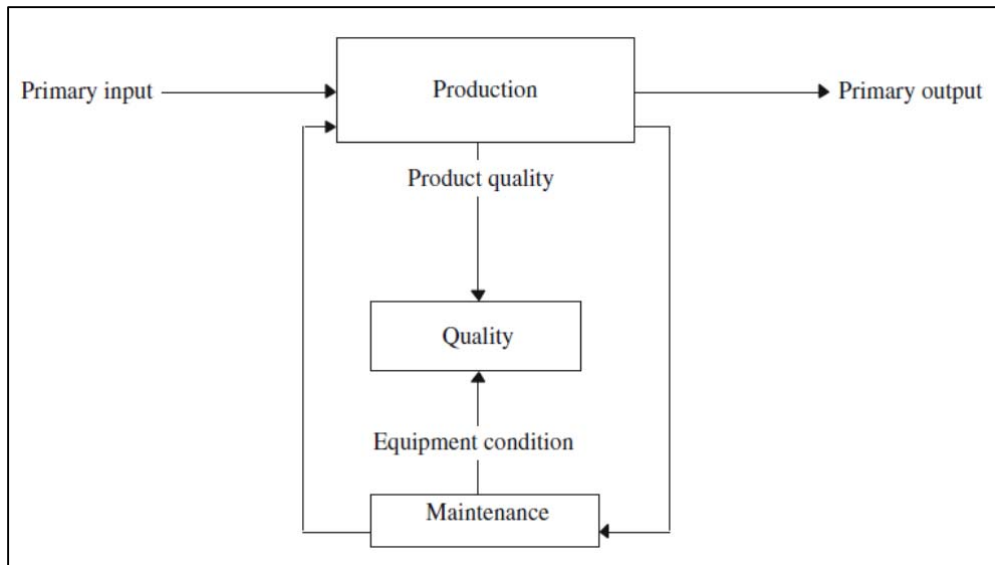
Pemeliharaan adalah sebuah sistem yang beroperasi sejalan dengan produksi. Output utama produksi adalah produk yang diinginkan dengan kepastian tingkat kualitas yang didefinisikan pelanggan. Karena proses produksi berjalan terus, itu menghasilkan output sekunder yang merupakan permintaan untuk pemeliharaan serta masukan untuk proses pemeliharaan. Output pemeliharaan adalah peralatan dalam kondisi yang dapat melayani.



Gambar 2.6 Distribusi karakteristik kualitas produk (Duffuaa et al., 2015)

Peralatan yang terpelihara secara baik, meningkatkan kapasitas produksi dan mewakili input sekunder dalam produksi. Oleh karena itu, pemeliharaan mempengaruhi produksi dengan peningkatan kapasitas produksi dan pengendalian kualitas dan kuantitas output. Kerangka kerja untuk pemodelan hubungan antara

produksi, kualitas dan pemeliharaan, telah diuraikan menggunakan metode Taguchi dan *imperfect maintenance*. Berikut gambaran hubungan antara produksi, kualitas dan pemeliharaan.



Gambar 2.7 Hubungan antara Produksi, Kualitas dan Pemeliharaan (Duffuaa et al., 2015)

2.3. Efisiensi irigasi dan Pengelolaan Aset Irigasi (PAI)

Efisiensi irigasi adalah angka perbandingan dari jumlah air irigasi nyata yang terpakai untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang keluar dari pintu pengambilan (*intake*). Anonim (1986) mendefenisikan efisiensi irigasi adalah angka perbandingan dari jumlah air irigasi nyata yang terpakai untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang keluar dari pintu pengambilan (*intake*). Efisiensi irigasi terdiri atas efisiensi pengaliran di jaringan utama dan efisiensi di jaringan sekunder yaitu dari bangunan pembagi sampai petak sawah, (Alfaro, 1989 dan Brouwer, 1989). Efisiensi penggunaan air erat hubungannya dengan kehilangan air dalam irigasi. Besarnya efisiensi dan kehilangan air berbanding terbalik, bila angka kehilangan air besar maka nilai efisiensi kecil begitu juga sebaliknya jika angka kehilangan air kecil maka nilai

efisiensinya besar. Adapun kehilangan air pada jaringan irigasi diakibatkan karena evaporasi, perkolasi, perembesan (*seepage*), air terbuang sia-sia, dan kehilangan energi, (Bos, 1990; Tabbal, 1992; dan Thompson, 1999). Brouwer (1989) dan Bos (1990) menyatakan efisiensi irigasi didasarkan atas asumsi bahwa sebagian jumlah air akan mengalami kehilangan selama pengaliran yang dimulai dari pintu pengambilan hingga petak sawah. Atas dasar ini maka efisiensi irigasi didasarkan asumsi sebagian dari jumlah air yang diambil akan hilang baik di saluran maupun di petak sawah. Kehilangan air yang diperhitungkan untuk operasi irigasi meliputi kehilangan air di tingkat tersier, sekunder dan primer. Besarnya masing-masing kehilangan air tersebut dipengaruhi oleh panjang saluran, luas permukaan saluran, keliling basah saluran dan kedudukan air tanah. Mengacu pada Anonim (1986) maka efisiensi irigasi pada saluran primer dan sekunder diambil 90% sedangkan untuk tingkat tersier 80%. Angka efisiensi irigasi keseluruhan tersebut dihitung dengan cara mengkonversi efisiensi di masing-masing tingkat yaitu $0,9 \times 0,9 \times 0,8 = 0,648 \approx 65 \%$. Jenis-jenis efisiensi irigasi menurut Bos (1990) dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Efisiensi di Saluran Pembawa (*Conveyance Efficiency*)

Menurut Bos (1990) saluran pembawa (*conveyance*) yaitu perjalanan air dari sumbernya dibawa melalui saluran primer, saluran sekunder sampai bangunan sadap tersier (*tertiary offtake*). Efisiensi di saluran pembawa (*conveyance efficiency*) dinyatakan dengan:

$$Ec = \frac{Vd + V2}{Vc + V1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

Ec : Efisiensi di saluran pembawa

Vc : Volume air yang diberikan dari sumbernya

Vd : Volume air yang diberikan pada saluran tersier

V2 : Tambahan volume air non irigasi dari saluran pembawa

V1 : Tambahan volume air dari sumber lain

b. Efisiensi di Saluran Tersier (*Distribution Efficiency*)

Menurut Bos (1990) saluran tersier (distribution) yaitu perjalanan air dari pintu sadap tersier dibawa melalui saluran tersier dan saluran kwarter sampai ke box tersier atau box kwarter (*field inlet*). Efisiensi di saluran tersier (*distribution efficiency*) dinyatakan dengan:

$$Ed = \frac{Ef + V3}{Vd} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

Ed : Efisiensi di saluran tersier

Vf : Volume air yang sampai ke sawah

V3 : Tambahan volume air non irigasi dari saluran tersier

c. Efisiensi Sistem Irigasi (*Irrigation System Efficiency*)

Menurut Bos (1990) efisiensi sistem irigasi (*irrigation system efficiency*) merupakan kombinasi dari efisiensi di saluran pembawa (*conveyance efficiency*) dan efisiensi di saluran tersier (*distribution efficiency*). Efisiensi sistem irigasi (*Es*) dinyatakan dengan :

$$Es = \frac{Vf + V2 + V3}{Vc + V1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

$$Es = Ec + Ed \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

Es : Efisiensi sistem irigasi (*Irrigation System Efficiency*)

Ec : Efisiensi di saluran pembawa (*Conveyance Efficiency*)

Ed : Efisiensi di saluran tersier (*Distribution Efficiency*)

Tidak semua air yang diambil dari sumber dapat digunakan pada daerah perakaran tanaman. Sebahagian dari air akan hilang selama pengaliran di dalam saluran dan sawah. Sisa air tersebut akan berada di daerah perakaran yang dapat digunakan oleh tanaman. Dengan kata lain, hanya sebagian air yang digunakan secara efisien sedangkan sisanya akan hilang (Brouwer et. al., 1989). Kehilangan air irigasi yang terjadi di saluran disebabkan oleh :

- a. Evaporasi pada muka air
- b. Perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran
- c. Rembesan di tanggul saluran
- d. Peluapan di atas tanggul saluran
- e. Jebolnya tanggul saluran
- f. Limpasan di saluran pembuang/drainase
- g. Lubang tikus di tanggul saluran

Sedangkan kehilangan air irigasi yang terjadi di petak sawah disebabkan oleh :

- a. Limpasan permukaan ke saluran drainase
- b. Perkolasi ke arah di bawah daerah perakaran

Pengelolaan Aset Irigasi (PAI) adalah proses manajemen yang terstruktur untuk perencanaan pemeliharaan dan pendanaan sistem irigasi guna mencapai tingkat pelayanan yang ditetapkan dan berkelanjutan bagi pemakai air irigasi dan pengguna jaringan irigasi dengan pembiayaan seefisien mungkin (Kemenpupera, 2015).

Pemeliharaan jaringan irigasi adalah upaya menjaga dan mengamankan jaringan irigasi agar selalu dapat berfungsi dengan baik guna memperlancar pelaksanaan operasi dan mempertahankan kelestariannya melalui kegiatan perawatan, perbaikan, pencegahan dan pengamanan yang harus dilakukan secara terus menerus.

Rencana anggaran biaya untuk pemeliharaan jaringan irigasi dihitung berdasarkan perhitungan volume dan harga satuan yang sesuai dengan standar yang berlaku di wilayah setempat. Sumber-sumber pembiayaan pemeliharaan jaringan irigasi berasal dari :

- a. Alokasi biaya pemeliharaan dari sumber APBN, APBD, atau DAK.
- b. Kontribusi biaya pemeliharaan oleh perkumpulan petani pemakai air
- c. Alokasi biaya dari badan usaha atau sumber lainnya.

Beberapa definisi terkait aset irigasi berdasarkan peraturan dan perundang-undangan bidang sumber daya air di Indonesia, adalah sebagai berikut.

- a. Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak.
- b. Daerah Irigasi adalah kesatuan lahan yang mendapat air dari satu jaringan irigasi.
- c. Aset Irigasi adalah jaringan irigasi dan pendukung pengelolaan irigasi.
- d. Jaringan irigasi adalah saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang merupakan satu kesatuan yang diperlukan untuk penyediaan, pembagian, pemberian, penggunaan, dan pembuangan air irigasi.
- e. Jaringan irigasi primer adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri atas bangunan utama, saluran induk/primer, saluran pembuangannya, bangunan bagi, bangunan bagi-sadap, bangunan sadap, dan bangunan pelengkap.
- f. Jaringan irigasi sekunder adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri atas saluran sekunder, saluran pembuangannya, bangunan bagi, bangunan bagi-sadap, bangunan sadap, dan bangunan pelengkap.
- g. Jaringan irigasi tersier adalah jaringan irigasi yang berfungsi sebagai prasarana pelayanan air irigasi dalam petak tersier yang terdiri atas saluran tersier, saluran kuarter dan saluran pembuang, boks tersier, boks kuarter, serta bangunan pelengkap.
- h. Pengelolaan jaringan irigasi adalah kegiatan yang meliputi operasi, pemeliharaan, dan rehabilitasi jaringan irigasi di daerah irigasi.

Klasifikasi kondisi fisik jaringan irigasi sebagai berikut :

- a. Kondisi baik jika tingkat kerusakan $< 10 \%$ dari kondisi awal bangunan/saluran dan diperlukan pemeliharaan rutin.
- b. Kondisi rusak ringan jika tingkat kerusakan $10 - 20 \%$ dari kondisi awal bangunan/saluran dan diperlukan pemeliharaan berkala yang bersifat perawatan.
- c. Kondisi rusak sedang jika tingkat kerusakan $21 - 40 \%$ dari kondisi awal bangunan/saluran dan diperlukan pemeliharaan yang bersifat perbaikan.
- d. Kondisi rusak berat jika tingkat kerusakan $> 40 \%$ dari kondisi awal bangunan/saluran dan diperlukan perbaikan berat atau penggantian.

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 32 Tahun 2007 tentang Pedoman Operasi Dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi, menyatakan bahwa jenis-jenis pemeliharaan jaringan irigasi meliputi:

a. Pengamanan jaringan irigasi

Pengamanan jaringan irigasi merupakan upaya untuk mencegah dan menanggulangi terjadinya kerusakan jaringan irigasi yang disebabkan oleh daya rusak air, hewan, dan manusia guna mempertahankan fungsi jaringan irigasi. Adapun tindakan pengamanan dapat dilakukan antara lain sebagai berikut :

1) Tindakan pencegahan, meliputi:

- melarang pengambilan batu, pasir dan tanah pada lokasi ± 50 m sebelah hulu dan ± 1000 m sebelah hilir bendung irigasi atau sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- melarang memandikan hewan selain di tempat yang telah ditentukan dengan memasang papan larangan.
- menetapkan garis sempadan saluran sesuai ketentuan dan peraturan yang berlaku.
- memasang papan larangan tentang penggarapan tanah dan mendirikan bangunan di dalam garis sempadan saluran.
- petugas pengelola irigasi harus mengontrol patok-patok batas tanah pengairan supaya tidak dipindahkan oleh masyarakat.
- memasang papan larangan untuk kendaraan yang melintas jalan inspeksi yang melebihi kelas jalan.
- melarang mandi disekitar bangunan atau lokasi-lokasi yang berbahaya.
- melarang mendirikan bangunan dan atau menanam pohon di tanggul saluran irigasi.
- mengadakan penyuluhan/sosialisasi kepada masyarakat dan instansi terkait tentang pengamanan fungsi jaringan irigasi.

2) Tindakan pengamanan, meliputi:

- membuat bangunan pengaman ditempat-tempat yang berbahaya, misalnya disekitar bangunan utama, siphon, ruas saluran yang tebingnya curam, daerah padat penduduk dan lain sebagainya.
- penyediaan tempat mandi hewan dan tangga cuci.
- pemasangan penghalang di jalan inspeksi dan tanggul-tanggul saluran berupa portal, patok.

b. Pemeliharaan rutin

Pemeliharaan rutin merupakan kegiatan perawatan dalam rangka mempertahankan kondisi jaringan irigasi yang dilaksanakan terus menerus tanpa ada bagian konstruksi yang dirubah atau diganti. Kegiatan pemeliharaan rutin meliputi :

1) Yang bersifat perawatan, seperti:

- memberikan minyak pelumas pada bagian pintu.
- membersihkan saluran dan bangunan dari tanaman liar dan semak-semak.
- membersihkan bangunan dan saluran dari sampah dan kotoran.
- pembuangan endapan lumpur di bangunan ukur.
- memelihara tanaman lindung disekitar bangunan dan di tepi luar tanggul saluran.

2) Yang bersifat perbaikan ringan, seperti:

- Menutup lubang-lubang bocoran kecil di saluran/bangunan.
- Perbaikan kecil pada pasangan, misalnya siaran/plesteran yang retak atau beberapa batu muka yang lepas.

c. Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala merupakan kegiatan perawatan dan perbaikan yang dilaksanakan secara berkala yang direncanakan dan dilaksanakan oleh dinas yang membidangi irigasi dan dapat bekerja sama dengan P3A/GP3A/IP3A secara swakelola berdasarkan kemampuan lembaga tersebut dan dapat pula dilaksanakan secara kontraktual. Pekerjaan pemeliharaan berkala meliputi :

- 1) Pemeliharaan berkala yang bersifat perawatan, seperti:
 - Pengecatan pintu.
 - Pembuangan lumpur di bangunan dan saluran.
- 2) Pemeliharaan berkala yang bersifat perbaikan
 - Perbaikan bendung, bangunan pengambilan, dan bangunan pengatur.
 - Perbaikan bangunan ukur dan kelengkapannya.
 - Perbaikan saluran.
 - Perbaikan pintu-pintu dan skot balok.
 - Perbaikan jalan inspeksi.
 - Perbaikan fasilitas pendukung seperti kantor, rumah dinas, rumah PPA dan PPB, kendaraan dan peralatan.
- 3) Pemeliharaan berkala yang bersifat penggantian
 - Penggantian pintu.
 - Penggantian alat ukur.
 - Penggantian peil schall.

d. Penanggulangan/perbaikan darurat

Perbaikan darurat dilakukan akibat bencana alam dan atau kerusakan berat akibat terjadinya kejadian luar biasa (seperti pengerusakan/penjebolan tanggul, lonsoran tebing yang menutup jaringan, tanggul putus dll) dan penanggulangan segera dengan konstruksi tidak permanen, agar jaringan irigasi tetap berfungsi.

Dalam kegiatan pemeliharaan dibutuhkan indikator-indikator penentu untuk mendapatkan keberhasilan. Berikut indikator-indikatornya :

- a. Terpenuhinya kapasitas saluran sesuai dengan kapasitas rencana.
- b. Terjaganya kondisi bangunan dan saluran :
 - 1) Kondisi baik jika tingkat kerusakan $< 10\%$ dari kondisi awal bangunan dan saluran, diperlukan pemeliharaan rutin.
 - 2) Kondisi rusak ringan jika tingkat kerusakan $10 - 20\%$ dari kondisi awal bangunan dan saluran, diperlukan pemeliharaan berkala.

- 3) Kondisi rusak sedang jika tingkat kerusakan 21 – 40% dari kondisi awal bangunan dan saluran, diperlukan perbaikan.
 - 4) Kondisi rusak berat jika tingkat kerusakan > 40% dari kondisi awal bangunan dan saluran, diperlukan perbaikan berat atau penggantian.
- c. Meminimalkan biaya rehabilitasi jaringan irigasi.
 - d. Tercapainya umur rencana jaringan irigasi.

2.4. Six Sigma

Six Sigma dimulai oleh Motorola di era tahun 1980-an oleh salah seorang engineer bernama Bill Smith atas dukungan penuh dari CEO Bob Galvin. Hal ini dilatarbelakangi oleh hilangnya market Motorola karena perbedaan kualitas dibandingkan dengan perusahaan Jepang. Pada tahun 1981 Motorola menghadapi tantangan tersebut dengan mengevaluasi kualitasnya hingga 5 kali dalam 5 tahun namun tetap saja tidak berhasil. Kemudian Motorola menggunakan *statistical tools* yang dipadukan dengan ilmu manajemen *financial metrics* yaitu *Return on Investment (ROI)* sebagai salah satu alat ukur (*metrics*) dari *quality improvement process*. Konsep ini kemudian dikembangkan oleh Dr. Mikel Harry dan Richard Schroeder secara lebih mendalam, sehingga metode ini mendapat sambutan luas dari jajaran manajemen Motorola dan perusahaan-perusahaan lain.

Perusahaan selain Motorola yang juga mengembangkan Six Sigma salah satunya yakni General Electric (GE). Pada tahun 1995, GE menggulirkan Six Sigma disegala aspek bisnisnya guna menghadapi tantangan kualitas sebagai perusahaan kelas dunia. GE memperbaharui prosesnya seperti produktivitas, *Inventory Return* namun *improvement* tersebut tertunda karena adanya *defect* diprosesnya. Kemudian dikalangan GE muncul suatu pemikiran bahwa World Class Quality adalah suatu hal yang menantang sehingga di GE Six Sigma menjadi sebuah trend terlebih setelah mendapat dukungan penuh dari CEO Jack Welch. Hal inilah yang membuat perusahaan-perusahaan lain ingin mengetahui lebih jauh tentang Six Sigma dan mencoba mengimplementasikan metode ini ditempat kerjanya masing-masing.

Perlu diketahui bahwa konsep dasar Six Sigma sebenarnya diambil dari *Total Quality Management (TQM)* dan *Statistical Process Control (SPC)*. Kedua konsep ini sudah lama dikembangkan oleh para ahli kualitas seperti Dr. Kaoru Ishikawa, Shewhart, Crosby, dan lain-lain. Jadi ditinjau dari segi waktu dapat dikatakan bahwa Six Sigma merupakan hasil pengembangan dari *quality improvement* semenjak tahun 1940-an.

Secara etimologi Six Sigma tersusun dari 2 kata yaitu : *six* yang berarti enam dan *sigma* yang merupakan simbol dari standard deviasi atau dapat pula diartikan sebagai ukuran satuan statistik yang menggambarkan kemampuan suatu proses dan ukuran nilai sigma dinyatakan dalam Defect per Million Opportunities (DPMO). Dapat dikatakan bahwa proses dengan nilai sigma yang lebih tinggi (pada suatu proses) akan mempunyai *defect* yang lebih sedikit (baik jumlah *defect* maupun jenis *defect*). Semakin bertambah nilai sigma maka semakin berkurang *Quality Cost* dan *Cycle time*.

Tabel 2.2 Hubungan sigma dan DPMO (Pande, 2000)

Sigma	Defect per Million Opportunities (DPMO)	Tingkat Kualitas (%)
6 Sigma	3,4	99,9997
5 Sigma	233	99,98
4 Sigma	6.210	99,4
3 Sigma	66.807	93,3
2 Sigma	308.537	69,2
1 Sigma	690.000	30,9

Secara epistimologi Six Sigma merupakan sebuah metodologi terstruktur untuk memperbaiki suatu proses dengan memfokuskan pada usaha-usaha untuk memperkecil variasi yang terjadi (*process variance*) sekaligus mengurangi cacat ataupun produk atau jasa yang keluar dari spesifikasi dengan menggunakan metode statistik dan *tools quality* lainnya secara insentif. Umumnya Six Sigma dituliskan dalam simbol 6 sigma (6σ). Jadi secara sederhana Six Sigma (6 sigma)

dapat diterjemahkan sebagai suatu proses yang mempunyai kemungkinan cacat (*defect opportunity*) sebanyak 3,4 buah dalam satu juta produk atau jasa.

Six Sigma adalah metode pemecahan masalah yang sistematis dan terorganisasi untuk peningkatan sistem strategis dan pengembangan produk dan jasa baru, yang bersandar pada metode statistik dan metode ilmiah, untuk membuat pengurangan dramatis pada rata-rata kecacatan yang didefinisikan pelanggan serta peningkatan pada variabel output kunci (Linderman et al., 2003).

Menurut pendapat Pande (2002) Six Sigma adalah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan dan memaksimalkan sukses bisnis. Six Sigma secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap fakta, data, dan analisis statistik, serta perhatian yang cermat untuk mengolah, memperbaiki, dan menanamkan proses bisnis. Menurut Gasperz (2005) Six Sigma adalah suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan perjuta kesempatan untuk setiap transaksi produk barang dan jasa. Jadi Six Sigma merupakan suatu metode atau teknik dalam hal pengendalian dan peningkatan produk dimana sistem ini sangat komprehensif dan fleksibel yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan kesuksesan suatu usaha.

Secara umum ada dua konsep dasar dari Six Sigma, yaitu :

a. Six sigma sebagai suatu aktivitas

Pada penjelasan sebelumnya telah disebutkan bahwa Six Sigma dapat diartikan sebagai suatu proses yang mempunyai *defect opportunity* atau kemungkinan cacat sebanyak 3,4 buah dalam satu juta produk atau jasa. Untuk mencapai “target” angka tersebut maka ada beberapa rangkaian aktivitas Six Sigma yang perlu dilakukan, misalnya :

- 1) Memahami dan mendefinisikan suatu proses design, manufacturing dan service secara jelas.
- 2) Aplikasi untuk *statistic tools* dan proses.
- 3) Mengidentifikasi faktor penyebab *defect*.
- 4) Analisa dan *improvement* (perbaikan).
- 5) Melalui penurunan *defect ratio* akan meningkatkan *yield* dan total kepuasan pelanggan.

6) *Management innovation tool* memberikan kontribusi terhadap *management out put*.

b. Six sigma sebagai suatu strategi bisnis

Secara umum ada enam komponen utama konsep six sigma sebagai strategi bisnis (Peter S. Pande, 2002), yaitu :

- 1) *Customer service oriented* (mengutamakan pelayanan kepada pelanggan).
- 2) Manajemen yang berdasarkan data dan fakta.
- 3) Fokus pada proses, manajemen dan perbaikan.
- 4) Manajemen yang proaktif
- 5) Kerjasama tim yang bagus
- 6) Selalu mengejar kesempurnaan.

Menurut Gasperz (2005), tahap-tahap implementasi peningkatan kualitas Six Sigma terdiri dari lima langkah yaitu menggunakan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, and Control*).

a. *Define*

Define adalah penetapan sasaran dari aktivitas peningkatan kualitas Six Sigma. Langkah ini untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis kunci. Tanggung jawab dari definisi proses bisnis kunci berada pada manajemen. Menurut Pande dan Cavanagh (2003) tiga aktivitas utama yang berkaitan dengan mendefinisikan proses inti dan para pelanggan adalah:

- 1) Mendefinisikan proses inti mayor dari bisnis.
- 2) Menentukan output kunci dari proses inti tersebut, dan para pelanggan kunci yang mereka layani.
- 3) Menciptakan peta tingkat tinggi dari proses inti atau proses strategi.

Termasuk dalam langkah definisi ini adalah menetapkan sasaran dari aktivitas peningkatan kualitas Six Sigma itu. Pada tingkat manajemen puncak, sasaran-sasaran yang ditetapkan akan menjadi tujuan strategi dari organisasi seperti, meningkatkan *return on investment* (ROI) dan pangsa pasar. Pada tingkat operasional, sasaran mungkin untuk meningkatkan

output produksi, produktivitas, menurunkan produk cacat, biaya operasional. Pada tingkat proyek, sasaran juga dapat serupa dengan tingkat operasional, seperti: menurunkan tingkat cacat produk, menurunkan downtime mesin, meningkatkan output dari setiap proses produksi.

b. Measure

Measure merupakan tindak lanjut logis terhadap langkah define dan merupakan sebuah jembatan langkah berikutnya. Menurut Pande dan Holpp (2005) langkah measure mempunyai dua sasaran utama yaitu:

- 1) Mendapatkan data untuk memvalidasi dan mengkualifikasikan masalah dan peluang. Biasanya ini merupakan informasi kritis untuk memperbaiki dan melengkapi anggaran dasar proyek yang pertama.
- 2) Memulai menyentuh fakta dan angka-angka yang memberikan petunjuk tentang akar masalah.

Measure merupakan langkah operasional yang kedua dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan, yaitu:

- 1) Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (*Critical to Quality*) kunci. Penetapan *Critical to Quality* kunci harus disertai dengan pengukuran yang dapat dikuantifikasikan dalam angka-angka. Hal ini bertujuan agar tidak menimbulkan persepsi dan interpretasi yang dapat saja salah bagi setiap orang dalam proyek Six Sigma dan menimbulkan kesulitan dalam pengukuran karakteristik kualitas keandalan. Dalam mengukur karakteristik kualitas, perlu diperhatikan aspek internal (tingkat kecacatan produk, biaya-biaya karena kualitas jelek dan lain-lain) dan aspek eksternal organisasi (kepuasan pelanggan, pangsa pasar dan lain-lain).
- 2) Mengembangkan rencana pengumpulan data.
- 3) Pengukuran baseline kinerja pada tingkat output.

c. Analyze

Merupakan langkah operasional yang ketiga dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Ada beberapa hal yang harus dilakukan pada tahap ini yaitu :

- 1) Menentukan stabilitas dan kemampuan (kapabilitas) proses. Proses industri dipandang sebagai suatu peningkatan terus menerus (continuous improvement) yang dimulai dari sederet siklus sejak adanya ide untuk menghasilkan suatu produk (barang atau jasa), pengembangan produk, proses produksi/operasi, sampai kepada distribusi kepada pelanggan. Target Six Sigma adalah membawa proses industri yang memiliki stabilitas dan kemampuan sehingga mencapai zero defect. Dalam menentukan apakah suatu proses berada dalam kondisi stabil dan mampu akan dibutuhkan alat-alat statistik sebagai alat analisis. Pemahaman yang baik tentang metode-metode statistik dan perilaku proses industri akan meningkatkan kinerja sistem industri secara terus-menerus menuju zero defect.
- 2) Menetapkan target kinerja dari karakteristik kualitas (CTQ) kunci. Secara konseptual penetapan target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma merupakan hal yang sangat penting dan harus mengikuti prinsip.
 - *Specific*, yaitu target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma harus bersifat spesifik dan dinyatakan secara tegas.
 - *Measureable*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma harus dapat diukur menggunakan indikator pengukuran (matrik) yang tepat, guna mengevaluasi keberhasilan, peninjauan ulang, dan tindakan perbaikan diwaktu mendatang.
 - *Achievable*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas harus dapat dicapai melalui usaha yang menantang (*challenging efforts*).
 - *Result-Oriented*, yaitu target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma harus berfokus pada hasil yang berupa peningkatan kinerja yang telah didefinisikan dan ditetapkan.
 - *Time-Bound*, target kinerja dalam proyek peningkatan kualitas Six Sigma harus menetapkan batas waktu pencapaian target kinerja dari setiap karakteristik kualitas (CTQ) kunci itu dan target kinerja harus dicapai pada batas waktu yang telah ditetapkan (tepat waktu).

3) Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab masalah kualitas.

Untuk mengidentifikasi masalah dan menentukan sumber penyebab masalah kualitas, digunakan alat analisis diagram sebab akibat atau diagram tulang ikan. Diagram ini membentuk cara-cara membuat produk-produk yang lebih baik dan mencapai akibatnya (hasilnya). Sumber penyebab masalah kualitas yang ditemukan berdasarkan prinsip 7 M (Gasperz,2005), yaitu:

- *Manpower* (tenaga kerja), berkaitan dengan kekurangan dalam pengetahuan, kekurangan dalam ketrampilan dasar yang berkaitan dengan mental dan fisik, kelelahan, stress, ketidakpedulian,dan lain-lain.
- *Machiness* (mesin) dan peralatan, berkaitan dengan tidak ada sistem perawatan preventif terhadap mesin produksi, termasuk fasilitas dan peralatan lain tidak sesuai dengan spesifikasi tugas, tidak dikalibrasi, terlalu complicated, terlalu panas dan lain-lain.
- *Method* (metode kerja), berkaitan dengan tidak adanya prosedur dan metode kerja yang benar, tidak jelas, tidak diketahui, tidak terstandarisasi, tidak cocok,dan lain-lain.
- *Material* (bahan baku dan penolong), berkaitan dengan ketiadaan spesifikasi kualitas dari bahan baku dan bahan penolong yang ditetapkan, ketiadaan penanganan yang efektif terhadap bahan baku dan bahan penolong itu dan lain-lain.
- *Media*, berkaitan dengan tempat dan waktu kerja yang tidak memperhatikan aspek-aspek kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan lingkungan kerja yang kondusif, kekurangan dalam lampu penerangan ventilasi yang buruk kebisingan yang berlebihan dan lain-lain.
- *Motivation* (motivasi), berkaitan dengan ketiadaa sikap kerja yang benar dan profesional, yang dalam hal ini disebabkan oleh sistem balas jasa dan penghargaan yang tidak adil kepada tenaga kerja.

- *Money* (keuangan), berkaitan dengan ketiadaan dukungan financial (keuangan) yang mantap guna memperlancar proyek peningkatan kualitas Six Sigma yang akan ditetapkan.

d. Improve

Pada langkah ini diterapkan suatu rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas Six Sigma. Rencana tersebut mendeskripsikan tentang alokasi sumber daya serta prioritas atau alternatif yang dilakukan. Rencana tindakan dapat disusun dengan menggunakan metode 5W2H (*What, Why, Where, When, Who, How, How much*). Tim peningkatan kualitas Six Sigma mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab masalah kualitas sekaligus memonitor efektifitas dari rencana tindakan yang akan dilakukan di sepanjang waktu. Efektivitas dari rencana tindakan yang dilakukan akan tampak dari penurunan persentase biaya kegagalan kualitas (COPQ) terhadap nilai penjualan total sejalan dengan meningkatnya kapabilitas Sigma. Setidaknya setiap rencana tindakan yang diimplementasikan harus dievaluasi tingkat efektivitasnya melalui pencapaian target kinerja dalam program peningkatan kualitas. Six Sigma yaitu menurunkan DPMO menuju target kegagalan nol (*zero defect oriented*) serta mengkonversikan manfaat hasil-hasil kedalam penurunan persentase biaya kegagalan kualitas (COPQ). Maka tim proyek Sigma dari setiap karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang mempengaruhi kepuasan pelanggan serta mengkonversikan ukuran-ukuran tersebut ke dalam biaya kualitas.

e. Control

Merupakan tahap operasional terakhir dalam upaya peningkatan kualitas berdasarkan Six Sigma. Pada tahap ini hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktik-praktik terbaik yang sukses dalam peningkatan proses distandarisasikan dan disajikan sebagai pedoman standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim kepada pemilik atau penanggung jawab proses. Terdapat dua alasan dalam melakukan standarisasi, yaitu:

- 1) Apabila tindakan peningkatan kualitas atau solusi masalah itu tidak distandarisasikan. Terdapat kemungkinan bahwa setelah periode waktu tertentu, manajemen dan karyawan akan menggunakan kembali cara kerja yang lama sehingga memunculkan kembali masalah yang telah terselesaikan itu.
- 2) Apabila tindakan peningkatan kualitas atau solusi masalah itu tidak distandarisasikan dan didokumentasikan, maka terdapat kemungkinan setelah periode waktu tertentu apabila terjadi pergantian manajemen dan karyawan terdahulu.

Menurut Pande dan Holpp (2005) tugas-tugas khusus *control* yang harus diselesaikan oleh tim DMAIC adalah:

- 1) Mengembangkan proses monitoring untuk melacak perubahan-perubahan yang harus ditentukan.
- 2) Menciptakan rencana tanggapan untuk menangani masalah-masalah yang mungkin muncul.
- 3) Membantu memfokuskan perhatian manajemen terhadap ukuran-ukuran kritis yang memberikan informasi terkini mengenai hasil dari proyek (Y) dan terhadap ukuran-ukuran proses kunci (X).

Dari sudut pandang banyak orang tim harus:

- 1) Menjual proyek melalui prestasi dan demonstrasi (menunjukkan cara kerja atau hasil dari perbaikan proses).
- 2) Menyerahkan tanggung jawab kepada mereka yang sehari-hari melakukan pekerjaan tersebut.
- 3) Memastikan dukungan dari manajemen untuk tujuan proyek jangka panjang.

Menurut Rath dan Strong (dalam *Six Sigma Advanced Tools Pocket Guide*, 2005). Penerapan analisis regresi pada Six Sigma digunakan untuk:

- a. Memperkirakan tingkat output sebuah proses contoh hasil proses, kecacatan produk.
- b. Menentukan hubungan matematis antara input proses dan output proses contoh pengaruh input pada output.

- c. Memperkirakan ketersediaan sumber daya untuk memuaskan kebutuhan bisnis.
- d. Memperkirakan siklus waktu produk.

Berdasarkan konteks di atas, penerapan analisis regresi pada Six Sigma digunakan untuk adalah memperkirakan tingkat output sebuah proses contoh hasil proses kecacatan produk, menentukan hubungan matematis antara input proses dan output proses contoh pengaruh input pada output, memperkirakan ketersediaan sumber daya untuk memuaskan kebutuhan bisnis dan memperkirakan siklus waktu produk menurut pendapat Rath dan Strong.

2.5. Analisis Kapabilitas (*Capability Analysis*)

Analisis kapabilitas proses merupakan suatu analisis variabilitas relatif terhadap persyaratan atau spesifikasi produk serta untuk membantu pengembangan produksi dalam menghilangkan atau mengurangi banyak variabilitas yang terjadi. Kapabilitas proses ini merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang diterapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan (Gaspersz, 2002).

Dalam pengendalian proses secara statistika masalah utama yang paling mendasar adalah menjaga kondisi proses yang terkendali dari waktu ke waktu dengan mengeliminasi penyebab timbulnya variasi. Suatu proses dikatakan memiliki kapabilitas yang baik jika setiap output dapat memenuhi spesifikasi yang diharapkan. Berdasarkan analisis kapabilitas proses, dapat dilihat kemampuan proses dalam menghasilkan output yang memenuhi spesifikasi dan memutuskan tindakan-tindakan penyesuaian yang akan dilakukan berkaitan dengan kapabilitas proses yang ada saat ini. Beberapa tindakan yang mungkin dilakukan jika proses menghasilkan output yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan di antaranya adalah (1) sesuaikan/geser garis sentral; (2) kurangi variabilitas; (3) ubah spesifikasi; dan sebagainya.

Indikator yang menunjukkan tingkat kapabilitas proses disebut dengan Indeks Kapabilitas Proses (C_p) yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots\dots 2.5$$

di mana:

- USL : Upper Spesification Level
- LSL : Lower Spesification Level
- σ : Standar deviasi

Sementara untuk rumus standar deviasi (σ) adalah sebagai berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}} \dots\dots\dots (2.6)$$

di mana:

- x_i : Data ke-i
- μ : Rata-rata populasi (*Mean*)
- N : Jumlah populasi

Kriteria umum yang digunakan adalah proses diterima jika $Cp \geq 1.33$, dan proses dinyatakan buruk jika $Cp < 1$. Cp hanya dapat digunakan untuk proses yang diasumsikan *center*. Untuk proses yang tidak *center* dikembangkan dengan indeks kapabilitas lain yaitu Cpk dengan rumus sebagai berikut.

$$Cpk = Min \left\{ \frac{USL - x}{3\sigma}, \frac{x - LSL}{3\sigma} \right\} \dots\dots\dots (2.7)$$

di mana:

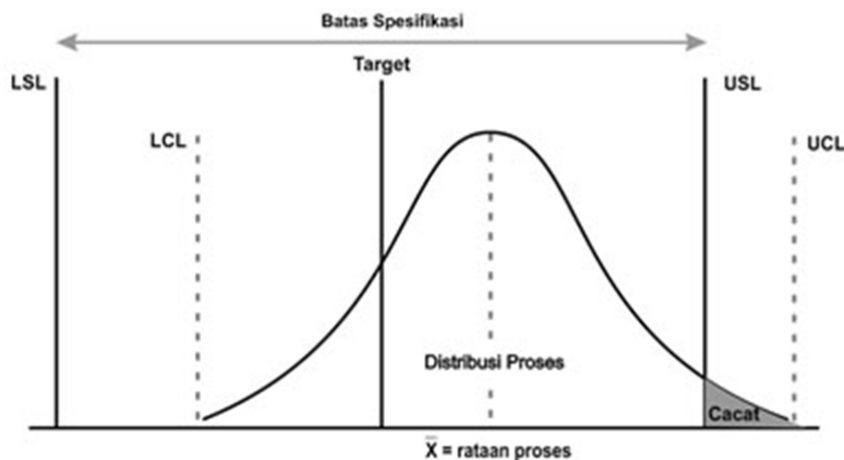
- x : Rata-rata sampel
- USL : Upper Spesification Level
- LSL : Lower Spesification Level
- σ : Standar deviasi

Indeks Cp dan Cpk hanya dapat digunakan apabila kedua asumsi berikut terpenuhi yaitu, dimensi karakteristik kualitas berdistribusi normal dan proses berada dalam kondisi *in-statistical control*.

Jika proses center maka $C_p = C_{pk}$ dan jika proses tidak center maka $C_p > C_{pk}$. Terdapat dua kemungkinan apabila terjadi $C_p > C_{pk}$, yaitu:

- 1) Peta kendali yang telah dibuat tidak dapat mendeteksi pergeseran yang terlalu kecil, sehingga proses yang out of control masih dinyatakan sebagai proses yang in control. Hal ini dapat disebabkan kurangnya data yang digunakan dalam proses konstruksi peta kendali atau peta kendali yang digunakan tidak tepat.
- 2) Terjadi pergeseran rata-rata proses sebesar δ .

Pada dasarnya, C_p dan C_{pk} menggambarkan posisi kurva distribusi proses terhadap rentang spesifikasi yang diinginkan sebagaimana Gambar 2.8. Distribusi proses dapat diidentifikasi melalui nilai LSL , USL , dan σ . Sedangkan rentang spesifikasi diidentifikasi melalui nilai LSL dan USL . Proses yang baik harus akurat dan presisi. Proses yang akurat seharusnya memiliki posisi kurva yang simetris terhadap rentang spesifikasi (centered). Sedangkan kepresisian proses ditunjukkan melalui sebaran distribusi hasil pengukuran proses (σ).



Gambar 2.8 Posisi kurva distribusi proses terhadap rentang spesifikasi (Montgomery, 2001)

2.6. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Didalam mengevaluasi perencanaan sistem dari sudut pandang *reliability*, *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode yang vital. Sejarah FMEA berawal pada tahun 1950 ketika teknik tersebut digunakan dalam merancang dan mengembangkan sistem kendali penerbangan. Sejak saat itu teknik FMEA diterima dengan baik oleh industri secara luas. Terdapat standar yang berhubungan dengan metode FMEA, yaitu BS 5760 atau British Standard 5760, yaitu:

- Bagian 2 *Guide to the assesment of reliability*
- Bagian 3 *Guide to reliability practice*
- Bagian 5 *Guide Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) memberikan pedoman dalam pengaplikasian teknik tersebut.

FMEA merupakan salah satu alat dari Six Sigma untuk mengidentifikasi sumber-sumber atau penyebab dari suatu masalah kualitas. Menurut Chrysler (1995), FMEA dapat dilakukan dengan cara:

- Mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensi suatu produk dan efeknya.
- Mengidentifikasi tindakan yang bisa menghilangkan atau mengurangi kesempatan dari kegagalan potensi terjadi.
- Pencatatan proses (*document the process*).

Sedangkan manfaat FMEA adalah sebagai berikut :

- Hemat biaya, karena sistematis maka penyelesaiannya tertuju pada potensial causes (penyebab yang potential) sebuah kegagalan / kesalahan.
- Hemat waktu ,karena lebih tepat pada sasaran.

Kegunaan FMEA adalah sebagai berikut :

- Ketika diperlukan tindakan preventive / pencegahan sebelum masalah terjadi.
- Ketika ingin mengetahui / mendata alat deteksi yang ada jika terjadi kegagalan.
- Pemakaian proses baru
- Perubahan / pergantian komponen peralatan

- Pemindahan komponen atau proses ke arah baru

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.

Terdapat dua penggunaan FMEA yaitu dalam bidang desain (FMEA Desain) dan dalam proses (FMEA Proses). FMEA Desain akan membantu menghilangkan kegagalan-kegagalan yang terkait dengan desain, misalnya kegagalan karena kekuatan yang tidak tepat, material yang tidak sesuai, dan lain-lain. FMEA Proses akan menghilangkan kegagalan yang disebabkan oleh perubahan-perubahan dalam variabel proses, misal kondisi diluar batas-batas spesifikasi yang ditetapkan seperti ukuran yang tidak tepat, tekstur dan warna yang tidak sesuai, ketebalan yang tidak tepat, dan lain-lain.

Terdapat banyak variasi didalam rincian *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA), tetapi semua itu memiliki tujuan untuk mencapai :

- 1) Mengetahui dan memprediksi potensial kegagalan dari produk atau proses yang dapat terjadi.
- 2) Memprediksi dan mengevaluasi pengaruh dari kegagalan pada fungsi dalam sistem yang ada.
- 3) Menunjukkan prioritas terhadap perbaikan suatu proses atau sub sistem melalui daftar peningkatan proses atau sub sistem yang harus diperbaiki.
- 4) Mengidentifikasi dan membangun tindakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan atau pengaruh pada sistem.
- 5) Mendokumentasikan proses secara keseluruhan.

Langkah-langkah dalam menggunakan FMEA yaitu (Pyzdek, 2001):

- 1) Mengidentifikasi proses, produk atau jasa.
- 2) Membuat kolom dalam sebuah spreadsheet. Masing-masing kolom tersebut diberi nama: *modes of failure*, *cause of failure*, *current detection*, *effect of failure*, *frequency of occurrence*, *degree of severity*, *chance of detection*, *risk priority number (RPN)* dan *rank*.
- 3) Membuat daftar-daftar masalah yang mungkin muncul.
- 4) Mengidentifikasi semua penyebab dari setiap masalah yang muncul.
- 5) Menentukan akibat dari setiap masalah tersebut. Kemudian mengidentifikasi akibat potensial dari masalah terhadap pelanggan, produk atau proses.
- 6) Membuat tabel keterangan nilai-nilai yang akan ditentukan. Untuk mengisi kolom *frequency of occurrence*, *degree of severity* dan *chance of detection* dibuat sebuah tabel consensus dari nilai-nilai relatif untuk mengasumsikan frekuensi yang muncul (*occurrence*), seberapa besar pengaruh efek kegagalan yang terjadi (*severity*), kemungkinan masalah tersebut terdeteksi dan diatasi saat ini (*detection*). Selanjutnya mengisi nilai yang sesuai untuk kolom-kolom di atas berdasarkan tabel yang telah dibuat.
- 7) Menghitung nilai risiko (RPN) dari tiap masalah, dengan rumus:
$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$
- 8) Menyusun masalah berdasarkan nilai RPN, dengan urutan dari nilai RPN tertinggi ke terendah.
- 9) Mengambil tindakan untuk mengurangi risiko pada masalah berdasarkan rangkingnya.

Nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection* besarnya antara 1 – 10. Ketentuan besarnya nilai ini dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection* (Pyzdek, 2001)

Nilai	Severity	Occurance	Detection
1	Jika masalah tidak berpengaruh (<i>minor</i>).	Jika masalahnya hampir tidak pernah terjadi	Jika masalahnya pasti dapat cepat-cepat diatasi (<i>very high</i>).
2	Jika masalahnya sedikit berpengaruh dan tidak terlalu kritis (<i>low</i>).		
3		Jika masalahnya sangat jarang terjadi, relatif sedikit (<i>low</i>).	Jika masalahnya ada kemungkinan untuk dapat diatasi (<i>moderate</i>).
4			
5			
6	Jika masalahnya cukup berpengaruh dan pengaruhnya cukup kritis (<i>moderate</i>).	Jika masalahnya kadang-kadang terjadi (<i>moderate</i>).	Jika masalahnya kemungkinannya kecil untuk dapat diatasi (<i>low</i>).
7			
8	Jika masalahnya sangat berpengaruh dan kritis (<i>high</i>).	Jika masalahnya sering terjadi (<i>high</i>).	
9			
10	Jika masalahnya benar-benar berpengaruh, sangat merugikan dan sangat kritis (<i>very high</i>).	Jika masalahnya sulit untuk dihindari (<i>very high</i>).	Jika masalahnya mungkin tidak dapat diatasi (<i>very low</i>).
			Jika masalahnya tidak dapat diatasi (<i>none</i>).

Setelah dilakukan analisis FMEA, selanjutnya menentukan tindakan yang sesuai untuk mengatasi masalah-masalah yang ada, terutama masalah-masalah yang memiliki nilai risiko (RPN) tertinggi. Apabila diperlukan, untuk setiap solusi tindakan tersebut dapat dibuat validasi yang akan berguna untuk memastikan bahwa solusi tindakan telah diimplementasikan dengan benar. Bentuk validasi tersebut dapat berupa laporan, form atau *checklist*.

2.7. Program Integer (*Integer Programming*)

Program Linear adalah suatu alat yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi suatu model linear dengan keterbatasan-keterbatasan sumber daya yang tersedia. Masalah program linear berkembang pesat setelah ditemukan suatu metode penyelesaian program linear dengan metode simpleks yang dikemukakan oleh George Dantzig pada tahun 1947. Selanjutnya berbagai alat dan metode dikembangkan untuk menyelesaikan masalah program linear bahkan sampai pada masalah riset operasi hingga tahun 1950 an seperti pemrograman dinamik, teori antrian, dan teori persediaan. Program Linear banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi di dalam industri, perbankan, pendidikan dan masalah-masalah lain yang dapat dinyatakan dalam bentuk linear. Bentuk linear di sini berarti bahwa seluruh fungsi dalam model ini merupakan fungsi linear. Secara umum, fungsi pada model ini ada dua macam yaitu fungsi tujuan dan fungsi pembatas. Fungsi tujuan dimaksudkan untuk menentukan nilai optimum dari fungsi tersebut yaitu nilai maksimal untuk masalah keuntungan dan nilai minimal untuk masalah biaya.

Fungsi pembatas diperlukan berkenaan dengan adanya keterbatasan sumber daya yang tersedia, misalnya jumlah bahan baku yang terbatas, waktu kerja, jumlah tenaga kerja, luas gudang persediaan. Tujuan utama dari program linear ini adalah menentukan nilai optimum (maksimal/minimal) dari fungsi tujuan yang telah ditetapkan. Banyak cara untuk menyelesaikan masalah dalam program linear yaitu dari cara manual yaitu menggunakan perhitungan biasa sampai menggunakan bantuan komputer untuk penyelesaian masalah yang cukup rumit. Apabila banyaknya variabel (peubah) hanya dua buah, maka kita dapat menyelesaikan masalah program linear dengan metode grafik, tetapi dengan keterbatasan metode ini, maka untuk masalah dengan banyaknya variabel yang lebih dari dua, metode ini kurang cocok.

Menurut Siringoringo (2005), secara teknis, linearitas ditunjukkan oleh adanya empat sifat tambahan yang merupakan asumsi dasar, yaitu :

- a. Sifat proporsionalitas merupakan asumsi aktivitas individual yang dipertimbangkan secara bebas dari aktivitas lainnya. Sifat proporsionalitas

dipenuhi jika kontribusi setiap variabel pada fungsi tujuan atau penggunaan sumber daya yang membatasi proporsional terhadap level nilai variabel.

- b. Sifat additivitas mengasumsikan bahwa tidak ada bentuk perkalian silang diantara berbagai aktivitas, sehingga tidak akan ditemukan bentuk perkalian silang pada model. Sifat ini dipenuhi jika fungsi tujuan merupakan penambahan langsung kontribusi masing-masing variabel keputusan untuk fungsi pembatas (kendala). Sifat additivitas dipenuhi jika nilai kanan merupakan total penggunaan masing-masing variabel keputusan.
- c. Sifat divisibilitas berarti unit aktivitas dapat dibagi ke dalam sembarang level fraksional, sehingga nilai variabel keputusan noninteger dimungkinkan.
- d. Sifat kepastian menunjukkan bahwa semua parameter model berupa konstanta. Artinya koefisien fungsi tujuan maupun fungsi pembatas merupakan suatu nilai pasti, bukan merupakan nilai dengan peluang tertentu.

Masalah pemrograman linear adalah masalah optimisasi bersyarat yakni pencarian nilai maksimum atau pencarian nilai minimum sesuatu fungsi tujuan berkenaan dengan keterbatasan-keterbatasan atau kendala yang harus dipenuhi. Fungsi tujuan memaksimumkan dinotasikan dengan dan relasi dalam kendala berbentuk sehingga bentuknya dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

Maksimumkan fungsi tujuan

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_jx_j \dots\dots\dots (2.8)$$

terhadap kendala-kendala

$$\begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1j}x_j \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2j}x_j \leq b_2 \\ \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j \leq b_i \dots\dots\dots (2.9) \end{array}$$

Kendala non negatif

$$x_j \geq 0 \ (j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots (2.10)$$

Fungsi tujuan meminimumkan dinotasikan dengan W dan relasi dalam kendala berbentuk (\geq) sehingga menjadi:

Meminimumkan fungsi tujuan

$$W = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots\dots + c_jx_j \dots\dots\dots (2.11)$$

terhadap kendala-kendala

$$\begin{array}{rcll} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots\dots + a_{1j}x_j & \geq & b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots\dots + a_{2j}x_j & \geq & b_2 \\ \vdots & & \vdots \\ a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots\dots + a_{ij}x_j & \geq & b_i \dots\dots\dots (2.12) \end{array}$$

Kendala non negatif

$$x_j \geq 0 \ (j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots (2.13)$$

dengan:

x_j : variabel keputusan ke $-j$ ($j = 1, 2, 3, \dots, n$)

b_i : suku tetap jenis ke $-i$ yang tersedia ($i = 1, 2, 3, \dots, m$)

a_{ij} : koefisien kendala ke $-i$ untuk unit ke $-j$

c_j : koefisien fungsi tujuan untuk unit ke $-j$

Program Integer adalah program linier di mana variabel-variabelnya bertipe *integer* (bulat). Program Integer digunakan untuk memodelkan permasalahan yang variabel-variabelnya tidak mungkin berupa bilangan yang tidak bulat (bilangan riil), seperti variabel yang merepresentasikan jumlah orang atau benda, karena jumlah orang atau benda pasti bulat dan tidak mungkin berupa pecahan. Program Integer juga biasanya lebih dipilih untuk memodelkan suatu permasalahan karena program linier dengan variabel berupa bilangan riil kurang baik dalam memodelkan permasalahan yang menuntut solusi berupa bilangan integer, misalnya variabel-variabel keputusannya jumlah cabang Bank di daerah berbeda di suatu Negara. Solusi pecahan tentu tidak dapat diterima dalam keputusan Bank.

Program Integer merupakan bentuk khusus atau variasi dari program linier, di mana salah satu atau lebih dalam vektor penyelesaiannya memiliki nilai

integer. Program Integer yang membatasi variabel keputusan pada sebagian saja yang dibatasi pada nilai integer disebut Program Integer Campuran. Pokok pikiran utama dalam Program Integer adalah merumuskan masalah dengan jelas dengan menggunakan sejumlah informasi yang tersedia. Sesudah masalah terumuskan dengan baik, maka langkah berikut ialah menerjemahkan masalah ke dalam bentuk model matematika. Pada masalah Program Integer untuk pola memaksimumkan, nilai tujuan dari Program Integer tidak akan pernah melebihi nilai tujuan dari program linier.

Terdapat tiga jenis Program Integer, yaitu sebagai berikut:

- a. Program Integer Murni (*Pure Integer Programming*), yaitu program linier yang menghendaki semua variabel keputusan harus merupakan bilangan bulat non-negatif.
- b. Program Integer Campuran (*Mixed Integer Programming*), yaitu program linier yang menghendaki beberapa, tetapi tidak semua variabel keputusan harus merupakan bilangan bulat non-negatif.
- c. Program Integer Biner (*Zero One Integer Programming*), yaitu program linier yang menghendaki semua variabel keputusan harus bernilai 0 dan 1.

Bentuk umum dari masalah Program Integer Murni dan Program Integer Campuran adalah sebagai berikut.

Menentukan $x_j, j=1,2,3,\dots,n$

Maksimumkan atau Minimumkan: $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$

Kendala: $\sum c_j x_j \leq b$
 \geq

$x_j \geq 0$ dan $x_j \in$ bilangan bulat atau bilangan real

untuk $j=1,2, \dots, n$

dimana:

Z = fungsi sasaran atau fungsi tujuan

x_j = variabel keputusan

c_j = koefisien fungsi tujuan

a_j = koefisien kendala

b = nilai ruas kanan

Sedangkan bentuk umum dari masalah Program Integer Biner adalah sebagai berikut.

Menentukan $x_j, j=1,2,3,\dots,n$

Maksimumkan atau Minimumkan: $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$

Kendala: $\sum c_j x_j \leq b$
 \geq

$x_j \geq 0$ dan $x_j \in \{0,1\}$

untuk $j=1,2, \dots, n$

dimana:

Z = fungsi sasaran atau fungsi tujuan

x_j = variabel keputusan

c_j = koefisien fungsi tujuan

a_j = koefisien kendala

b = nilai ruas kanan

Semua persoalan Program Integer mempunyai empat sifat umum yaitu, sebagai berikut:

a. Fungsi Tujuan (*objective function*)

Persoalan Program Integer bertujuan untuk memaksimumkan atau meminimumkan pada umumnya berupa laba atau biaya sebagai hasil yang optimal.

b. Adanya kendala atau batasan (*constraints*) yang membatasi tingkat sampai di mana sasaran dapat dicapai. Oleh karena itu, untuk memaksimumkan atau meminimumkan suatu kuantitas fungsi tujuan bergantung kepada sumber daya yang jumlahnya terbatas.

c. Harus ada beberapa alternatif solusi layak yang dapat dipilih.

d. Tujuan dan batasan dalam permasalahan Program Integer harus dinyatakan dalam hubungan dengan pertidaksamaan atau persamaan linier.

2.8. What if Analysis

Analisis “*What-If*” banyak digunakan pada studi ekonomis yang merupakan tindak lanjut dari pada evaluasi ekonomis, untuk menguji sensitivitas parameter suatu perencanaan terhadap keadaan yang akan datang, dimana dengan adanya perubahan parameter akan mempengaruhi hasil proposal yang telah direncanakan (Fabrycky et al., 1998). Hasil analisa dari pengujian parameter disajikan dalam bentuk grafik sensitivitas yang menunjukkan pengaruh dari pada perubahan parameter (biasanya dalam prosentase) terhadap hasil akhir dari pada proposal studi ekonomis. Penampilan grafik merupakan hasil konsolidasi data analisa yang mudah digunakan dan dimengerti.

Analisis “*What-If*” merupakan metode sensitivitas yang sering dilakukan di balik proses pengambilan keputusan, karena adanya ketidak pastian dan keraguan di dalam dunia kenyataan. Seorang pembuat keputusan (*decision maker*) yang berpengalaman sering kali tidak hanya berpacu pada rencana tunggal, biasanya mereka akan mempertimbangkan adanya kemungkinan-kemungkinan yang akan menyebabkan ketidaksesuaian dengan apa yang telah direncanakan (Alifen,1999).

Karakteristik *What-If Analysis* dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. *What-If Analysis* adalah sebuah perkiraan yang sistematis, yang dilakukan oleh tim yang terdiri dari orang yang ahli dibidangnya untuk membuat analisis rangkuman masalah yang ada secara menyeluruh dan untuk memastikan bahwa penanganan terhadap masalah dilakukan secara benar.
- b. *What-If Analysis* biasanya dilakukan oleh satu tim atau lebih tim dengan latar belakang dan pengalaman yang berbeda, yang terlibat dalam sebuah grup untuk melakukan dalam sebuah eksplorasi yang ada.
- c. *What-If Analysis* digunakan sebagai teknik untuk memperkirakan dan menganalisis resiko secara detil.
- d. *What-If Analysis* membuat deskripsi kualitatif dari masalah yang ada, dalam bentuk pertanyaan dan jawabannya, juga kumpulan rekomendasi atau saran untuk mencegah timbulnya masalah tersebut.

- e. Kualitas dari proses evaluasi tersebut tergantung dari kualitas dokumentasi yang diperoleh, pelatihan yang dilakukan oleh pimpinan tim, dan pengalaman dari tim yang melakukan pengembangan.
- f. Secara umum *What-If Analysis* dapat diaplikasikan untuk hampir semua aplikasi analisa resiko, terutama resiko dengan skenario kegagalan yang kecil dan sederhana.
- g. *What-If Analysis* dapat berdiri sendiri, tetapi umumnya digunakan sebagai pelengkap metode pengambilan keputusan lainnya atau metode yang lebih terstruktur.

What-If Analysis mempunyai beberapa keterbatasan yang mungkin terjadi pada saat melakukan analisis sistem, yaitu :

- a. Adanya kemungkinan terlewatkan masalah yang besar dan penting. Hal itu disebabkan karena struktur metode *What-If Analysis* yang bersifat umum atau kurang terstruktur (*loosely structured*), sehingga masalah yang harus diidentifikasi oleh tim pengembang tergantung kepada kemampuan mereka sendiri. Jika tim pengembang tidak dapat menemukan masalah yang penting maka *system designer* biasanya mencari kelemahan atau kekurangan dari yang mungkin terjadi.
- b. Sulitnya mendapatkan keseluruhan masalah yang mungkin terjadi. Karena tidak adanya struktur formal untuk mendefinisikan masalah mana yang harus dianalisis, tim pengembang atau *system designer* hanya melihat masalah dari sudut pandang mereka.
- c. Proses melakukan desain *What-If Analysis* memerlukan pemahaman, penyederhanaan dan model yang berhubungan dengan fenomena sistem yang ada, sehingga untuk sistem yang kompleks hal ini akan menyulitkan.

Oleh karena itu jika ingin melakukan *What-If Analysis* tanpa ada prosedur yang jelas, akan memakan waktu yang sangat panjang karena tidak diketahui batasan dari sistem yang akan dianalisis.

Dari beberapa literatur yang ada, tidak ada prosedur pasti yang harus dilakukan untuk menerapkan *What-If Analysis*. Berikut ini adalah salah satu prosedur yang secara umum mencakup keseluruhan prosedur melakukan *What-If Analysis* yang merupakan rangkuman dari berbagai literatur.

Langkah 1: Mendefinisikan aktifitas atau sistem apa yang akan dianalisis.

Proses mendefinisikan dengan jelas dan spesifik batasan dari informasi yang terkait dengan risiko dan yang diperlukan atau menentukan target yang ingin dicapai. Langkah ini terdiri dari penentuan: (1) fungsi yang diinginkan, karena risiko yang mungkin terjadi berhubungan dengan kegagalan suatu fungsi yang diinginkan, definisi yang jelas dari suatu fungsi yang diinginkan adalah langkah pertama yang penting dilakukan; (2) batasan dari aktivitas atau sistem, beberapa aktivitas atau sistem beroperasi dalam situasi yang terisolasi, beberapa lainnya berinteraksi dengan sistem lainnya, sehingga analisis harus secara jelas mendefinisikan batas dari masalah yang dianalisis.

Langkah 2: Mendefinisikan masalah yang ada saat ini.

Proses mendefinisikan masalah apa yang harus diselesaikan oleh system designer. Sebagai contohnya seperti masalah keamanan pada suatu perusahaan, masalah lingkungan atau imbas dari keadaan ekonomi terhadap perusahaan tergantung dari perusahaan dan sistem yang dianalisis. Pada bagian ini dapat digunakan *cause and effect analysis* yang akan membantu system designer mendefinisikan masalah yang terjadi saat ini dan efeknya bagi kegiatan yang ada, sehingga *system designer* dapat memberikan solusi yang tepat, dengan membuat sistem yang sesuai dengan kebutuhan dan dapat meminimalisir masalah yang ada.

Langkah 3: membagi-bagi masalah menjadi menjadi bagian yang lebih kecil untuk dianalisis

Secara umum *system designer* harus dapat menjabarkan hubungan antara risiko yang mungkin terjadi dengan sebuah aktivitas atau dengan sebuah sistem berdasarkan data yang ada. Prosedur untuk membagi-bagi aktivitas atau sistem biasanya dilakukan berulang

Langkah 4: Membuat pertanyaan yang berbentuk What-If untuk setiap elemen aktivitas atau sistem yang ada.

Langkah 5: Menjawab pertanyaan yang sudah dibuat.

Proses ini adalah proses untuk setiap pertanyaan *What-If* yang ada harus dijawab oleh sebuah grup yang terdiri dari orang-orang yang ahli dalam

hal yang berhubungan dengan desain, operasi, aktivitas dan hal lain dari sistem tersebut. Jawaban yang diberikan biasanya mendefinisikan:

- Kondisi atau respon dari sistem, yaitu perubahan pertama kali dalam sistem atau aktivitas yang terjadi apabila situasi yang telah diprediksikan terjadi.
- Konsekuensi dari permasalahan yang ada, yaitu efek yang tidak diinginkan yang mungkin terjadi akibat situasi yang telah diprediksikan tidak berjalan sesuai keinginan.
- Keamanan, yaitu peralatan, prosedur, kontrol administrasi untuk membantu hal-hal yang tidak diinginkan terjadi dan untuk mengurangi efek buruk dari efek terjadinya situasi yang tidak diinginkan.
- Rekomendasi, yaitu saran untuk perbaikan atau saran tambahan untuk keamanan yang ada.

Langkah 6: Jika diperlukan, elemen atau aktivitas yang terdapat dalam sistem dapat dibagi-bagi lagi menjadi lebih kecil.

Hal tersebut hanya dilakukan jika tidak tersedia data untuk subsistem yang sudah ada atau diperlukan analisis yang lebih detil terhadap masalah yang dihadapi.

Langkah 7: Menggunakan hasil tersebut untuk membuat keputusan terhadap masalah yang dihadapi yaitu:

- Menilai apakah perkiraan risiko untuk sistem atau aktivitas yang ada sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.
- Mengidentifikasi elemen dari sistem atau aktivitas yang diperkirakan akan mempunyai risiko kegagalan paling besar sebagai kesempatan untuk melakukan perbaikan.
- Membuat rekomendasi atau saran yang sesuai dengan kondisi sistem untuk perbaikan. Biasanya saran yang diberikan mencakup perubahan pada prosedur pelaksanaan aktivitas, perubahan sarana penunjang kegiatan dan perubahan peraturan administrasi seperti pelatihan kepada pegawai.

- Memperkirakan apakah implementasi dari rekomendasi akan mempunyai dampak terhadap efektifitas dan efisiensi dari sistem.

2.9. Penelitian terdahulu

2.9.1. Kajian Penilaian Kondisi dan Keberfungsian Komponen Aset Berbasis AHP dalam Penetapan Urutan Prioritas Pengelolaan Aset Irigasi Bendung - Kabupaten Jember oleh Heru Ernanda

Dampak keterbatasan pendanaan mengakibatkan pelaksanaan rehabilitasi harus dilakukan secara bertahap dan berkelanjutan, sehingga perlu penetapan urutan prioritas rehabilitasi jaringan irigasi. Penetapan urutan prioritas rehabilitasi jaringan irigasi ini dilaksanakan dalam PAI (Pengelolaan Aset Irigasi) (Permen PU Nomor 13/PRT/M/2012). Di sisi lain, pemeliharaan juga melakukan identifikasi kondisi dan keberfungsian bangunan. Jika kedua kegiatan disatukan, maka pelaksanaan pemeliharaan akan lebih efektif dan efisien.

Pelaksanaan PAI dalam kegiatan pemeliharaan mempunyai beberapa kendala akibat keterbatasan kemampuan sumberdaya manusia dan ketidakjelasan prosedur, terutama penilaian kondisi dan keberfungsian aset. Ketidak-jelasan metode penilaian aset dan keterbatasan sumberdaya manusia ini menimbulkan penilaian kondisi/fungsi yang bersifat subyektif. Metode penilaian seharusnya sistematis dan terangkum dari berbagai penilai komponen aset (facet), serta memperhatikan manajemen operasi jaringan irigasi, dampak finansial aset bagi peningkatan daya saing wilayah, dan transparansi sebagai dampak pengelolaan irigasi partisipatif (Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2006). Ketiga aspek ini diwujudkan dalam penilaian kondisi dan keberfungsian komponen aset berbasis AHP.

Tujuan penelitian mendisain dan menguji sistem penilaian kondisi dan keberfungsian aset berdasarkan penilaian kondisi dan keberfungsian komponen aset berbasis AHP dalam penetapan urutan prioritas rehabilitasi. Penelitian ini diuji-cobakan dalam penetapan urutan prioritas rehabilitasi 362 bendung di Kabupaten Jember.

Hasil kajian menunjukkan penilaian yang dilaksanakan oleh pelaksana lapang (juru pengairan/pengamat) berorientasi pada kerusakan dan ketidakberfungsian struktur bangunan, belum memadukan nilai kondisi/keberfungsian antara komponen aset struktur, bangunan ukur dan pintu. Jika sintesa AHP nilai ranking kerusakan bangunan ukur dan pintu lebih parah dari kerusakan struktur dapat diprioritaskan, maka akan berdampak kondisi kinerja OP lebih baik. Perbedaan penilaian antara penilaian komponen aset berbasis AHP dengan penilaian aset yang dilakukan oleh petugas lapang sebanyak 274 dari 364 (75,69%) untuk penilaian kondisi dan sebanyak 186 dari 362 (51,38%) untuk keberfungsian. Dampak perbedaan ini mengakibatkan penetapan urutan prioritas dalam PAI bergeser sampai urutan 180 mendahului dan tergeser 180 dari urutan rangking 362 aset. Oleh karena itu, perlu pelatihan peningkatan kemampuan petugas lapang dalam penilaian kondisi dan keberfungsian aset agar diperoleh urutan prioritas yang lebih obyektif, akurat dan mempertimbangkan dampak finansial aset bagi peningkatan daya saing wilayah.

2.9.2. Optimalisasi Pemeliharaan Saluran Irigasi Mataram (Selokan Mataram) di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta oleh Y.S. Pratamawati

Daerah Irigasi Saluran Induk Irigasi Mataram terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Kabupaten Sleman, dengan luas potensial 5.159 ha, dibangun pada masa Pemerintahan Belanda. Saluran Induk Mataram mengalirkan air mulai dari Bangunan Bagi Van der Wicjk sampai dengan Outlet Kali Opak di Mojosari sepanjang 31,37 km. Pada saat ini di beberapa bagian sarana Saluran Induk Mataram juga telah mengalami kerusakan serta kurang/tidak berfungsi sebagaimana mestinya, antara lain rusaknya bangunan kontrol dan tanggul saluran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh optimasi pemeliharaan Saluran Induk Irigasi Mataram (Selokan Mataram), dengan memperhatikan batasan-batasannya yaitu keterbatasan biaya dan panjang saluran. Penelitian ini menggunakan metode Linier Programming yang terdiri dari fungsi tujuan dan fungsi kendala. Sebagai fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah reduksi kehilangan air, sedangkan untuk fungsi kendala yaitu keterbatasan biaya dan panjang saluran.

Dengan biaya yang terbatas maka pelaksanaan pemeliharaan jaringan irigasi dilaksanakan pada ruas-ruas saluran yang mempunyai kehilangan air yang cukup besar namun tidak memerlukan biaya yang kecil karena mengingat biaya yang dialokasikan tersebut juga digunakan untuk pemeliharaan ruas-ruas saluran lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa biaya pemeliharaan yang dialokasikan sebesar Rp. 137.041.000. Dengan biaya tersebut dapat mengurangi kehilangan air sebesar 2404,554 Lt/dt dan dapat dilakukan pemeliharaan saluran dengan panjang 14,321 Km.

2.9.3. Optimasi Pemeliharaan Saluran dan Bangunan untuk Mengurangi Kehilangan Air di Daerah Irigasi Parmaldoan Kabupaten Tapanuli Tengah oleh Unggul Sitorus

Daerah Irigasi Parmaldoan adalah salah satu daerah irigasi teknis terbesar di kabupaten Tapanuli Tengah dengan luas 427 ha. Sistem irigasi Parmaldoan merupakan jaringan irigasi tunggal yang mendistribusikan air irigasi dari intake sampai ke saluran tersier. Pemeliharaan dan rehabilitasi daerah irigasi hampir setiap tahun dilakukan tetapi masih ditemukan beberapa permasalahan yang menyebabkan kinerja dari sistem irigasi Parmaldoan kurang efektif. Efisiensi air irigasi Parmaldoan sangat rendah jika dibandingkan dengan efisiensi minimal yang disarankan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Rendahnya efisiensi tersebut merupakan permasalahan yang timbul akibat dari faktor kerusakan/kebocoran pada saluran irigasi.

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh perumusan langkah optimasi pemeliharaan atau rehabilitasi dengan keterbatasan biaya serta tindakan untuk mengurangi kehilangan air di saluran irigasi dan bangunan bagi. Penelitian ini menggunakan metode Program Integer Campuran yang terdiri dari fungsi tujuan dan fungsi kendala. Sebagai fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah pengurangan kehilangan air, sedangkan fungsi kendalanya adalah keterbatasan biaya, panjang saluran dan unit bangun bagi.

Penghematan air yang diperoleh apabila menggunakan model Program Integer Campuran adalah sebesar 385 Lt/dt. Ruas saluran yang dapat diperbaiki

sebanyak 6 ruas saluran dengan panjang total sebesar 294,30 m dan dapat memperbaiki 5 unit bangunan bagi. Hasil yang diperoleh pada proyek pemeliharaan berbiaya Rp. 110.000.000 adalah mampu memperbaiki 2 ruas dengan panjang 250,36 m dan air yang dihemat sebesar 104,27 Lt/dt. Sedangkan dengan model Program Integer Campuran, panjang dan jumlah ruas yang dapat diperbaiki lebih banyak. Demikian juga penghematan air lebih banyak. Pada model Program Integer Campuran dengan variasi biaya disimpulkan bahwa ranking prioritas pemilihan objek pemeliharaan lebih akurat sehingga dengan biaya yang paling kecil pada variasi biaya dapat memperbaiki kerusakan saluran dan bangunan bagi yang lebih optimal dengan pengertian kehilangan air dapat lebih kecil. Kemudian semakin besar biaya yang dialokasikan untuk perbaikan maka semakin besar pula air yang dapat dihemat dan semakin banyak ruas yang diperbaiki.

Berdasarkan ketiga penelitian di atas, maka dapat ditemukan beberapa kelemahan penelitian sebagai berikut.

Tabel 2.3 Kajian Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian	Kelemahan
1.	Pratamawati (2011) tentang optimasi biaya pemeliharaan saluran irigasi untuk menekan kehilangan air dengan menggunakan program linear.	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya pemeliharaan masih mengacu pada per satuan panjang saluran, belum mengacu pada jenis dan volume kerusakan, sehingga penggunaan panjang saluran sebagai variabel keputusan belum sepenuhnya tepat karena belum tentu setiap ruas saluran membutuhkan biaya perbaikan. - Pada tahap implementasi dari penelitian ini, akan terdapat kendala bahwa biaya pemeliharaan tidak dapat

No.	Penelitian	Kelemahan
		<p>dialokasikan karena hanya berdasar pada panjang saluran dan kehilangan air saja.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faktor ketidakpastian dalam alokasi biaya pemeliharaan belum dipertimbangkan. - Metode penelitian yang digunakan belum mengarah pada paradigma peningkatan yang berkelanjutan (<i>continuous improvement</i>), sehingga sulit untuk diterapkan secara siklis dan pada skala yang lebih luas.
2.	Sitorus (2012) tentang optimasi biaya pemeliharaan saluran irigasi untuk menekan kehilangan air dengan menggunakan program integer campuran.	<ul style="list-style-type: none"> - Belum diketahui bagaimana pengaruh saluran yang telah diperbaiki terhadap kinerja saluran secara keseluruhan. - Metode penelitian yang digunakan belum mengarah pada paradigma peningkatan yang berkelanjutan (<i>continuous improvement</i>), sehingga sulit untuk diterapkan secara siklis dan pada skala yang lebih luas.
3.	Ernanda (2013) tentang penilaian kondisi aset dan penentuan urutan prioritas rehabilitasi aset irigasi dengan menggunakan Analytic Hierarchical Process	<ul style="list-style-type: none"> - Terbatas pada penilaian kondisi aset dan penentuan prioritas rehabilitasi. - Belum melakukan upaya peningkatan terhadap kinerja aset irigasi - Metode penelitian yang digunakan terdapat unsur subyektivitas dan hasil yang diperoleh tidak memiliki tingkat keyakinan (selang kepercayaan).

No.	Penelitian	Kelemahan
		- Metode penelitian yang digunakan belum mengarah pada paradigma peningkatan yang berkelanjutan (<i>continuous improvement</i>), sehingga sulit untuk diterapkan secara siklis dan pada skala yang lebih luas.

Berdasarkan kajian di atas, maka dalam penelitian ini akan dikembangkan beberapa hal dari penelitian sebelumnya, yaitu:

- a. Penggunaan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) yang mengarah pada paradigma peningkatan yang berkelanjutan (*continuous improvement*), sehingga kontrol pemeliharaan aset irigasi dapat diterapkan secara siklis dan pada skala yang lebih luas.
- b. Menggali akar permasalahan kehilangan air dengan mempertimbangkan frekuensi, efek dan kemampuan terdeteksi.
- c. Mempertimbangkan ketidakpastian dalam alokasi biaya pemeliharaan aset irigasi
- d. Biaya pemeliharaan mengacu pada jenis dan volume kerusakan, sehingga hasil optimasi biaya pemeliharaan lebih realistis.
- e. Penggunaan *tool Capability analysis* sebagai kontrol efisiensi irigasi sebelum dan sesudah tindakan peningkatan dilakukan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode pendekatan penelitian

Metode penelitian merupakan hal yang mutlak dalam upaya untuk mendapatkan suatu pedoman yang benar dan dapat memandu peneliti dalam menentukan urutan atau langkah-langkah bagaimana penelitian itu dilakukan.

Pada penelitian ini, metode penelitian yang digunakan lebih dari satu metode, hal itu disesuaikan dengan fungsi metode tersebut dalam penelitian. Berdasarkan tujuan penelitian, untuk meningkatkan efisiensi irigasi, maka secara umum metode yang paling tepat bisa digunakan adalah metode penelitian terapan (*action research*). Metode penelitian terapan adalah penelitian untuk mengembangkan cara-cara baru untuk memecahkan suatu permasalahan yang nyata terjadi di lapangan. Penelitian terapan tidak sekedar memungkinkan diketemukannya kebenaran yang objektif atau ilmiah, tetapi juga memberikan jaminan yang tinggi bagi ditemukannya suatu pemecahan masalah yang tepat sebagai tindakan (*action*), dalam memperbaiki atau menyempurnakan suatu keadaan (Masyhuri dan Zainuddin, 2008). Pada penelitian-penelitian sebelumnya khususnya yang terkait dengan pemeliharaan aset irigasi, penelitian hanya terfokus pada pemodelan prioritas pemeliharaan atau optimasi biaya pemeliharaan saja. Padahal praktik pemeliharaan aset irigasi di lapangan tidak hanya berhenti pada penyusunan prioritas pemeliharaan atau optimasi biaya saja, tetapi perlu upaya-upaya yang mengarah ke peningkatan yang berkelanjutan (*continuous improvement*). Dimana efisiensi irigasi dan kondisi seluruh aset irigasi, sebelum maupun sesudah masa pemeliharaan harus dapat dikontrol secara penuh selama umur pelayanannya (*life cycle assets*). Oleh karena itulah pada penelitian sebelumnya, belum diperoleh gambaran yang utuh bagaimana efisiensi irigasi sebelum dan sesudah diambil tindakan pemeliharaan.

Dengan metode penelitian terapan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan cara-cara baru dalam meningkatkan efisiensi irigasi. Pengembangan cara-cara baru tersebut dilakukan dengan mengadaptasi dan

mengkombinasikan beberapa teknis analisis, sehingga dapat meningkatkan efisiensi irigasi secara optimal.

Dalam pengumpulan data, metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian survey (Masyhuri dan Zainuddin, 2008). Metode penelitian survey adalah penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta-fakta dari gejala-gejala yang ada dan mencari keterangan-keterangan secara faktual, baik tentang institusi, suatu kelompok atau suatu daerah. Dalam penelitian ini, metode ini digunakan untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang terkait dengan efisiensi irigasi, Six Sigma dan optimasi biaya pemeliharaan aset irigasi. Disamping kajian pustaka dan pengumpulan data, analisa data merupakan salah satu bagian dari upaya untuk mewujudkan tujuan penelitian, sehingga dengan demikian metode yang digunakan dalam analisa data adalah bentuk spesifik dari metode yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian secara umum. Karena secara umum metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode penelitian terapan, maka dalam analisa data metode yang paling tepat bisa digunakan adalah metode penelitian terapan konklusif. Metode penelitian terapan konklusif adalah penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan karakteristik suatu objek (deskriptif) dan untuk mencari hubungan sebab akibat (riset kausal). Metode konklusif ini mengharuskan peneliti untuk mengerti tentang variabel bebas (*independent variable*) dan variabel tak bebas (*dependent variable*) dari suatu fenomena, dan dapat menentukan sifat dasar variabel penyebab dan dampaknya terhadap variabel lain yang diprediksi (Masyhuri dan Zainuddin, 2008). Pada penelitian ini, analisa data difokuskan pada variabel independen yang merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi irigasi dan variabel dependen yang merupakan efisiensi irigasi.

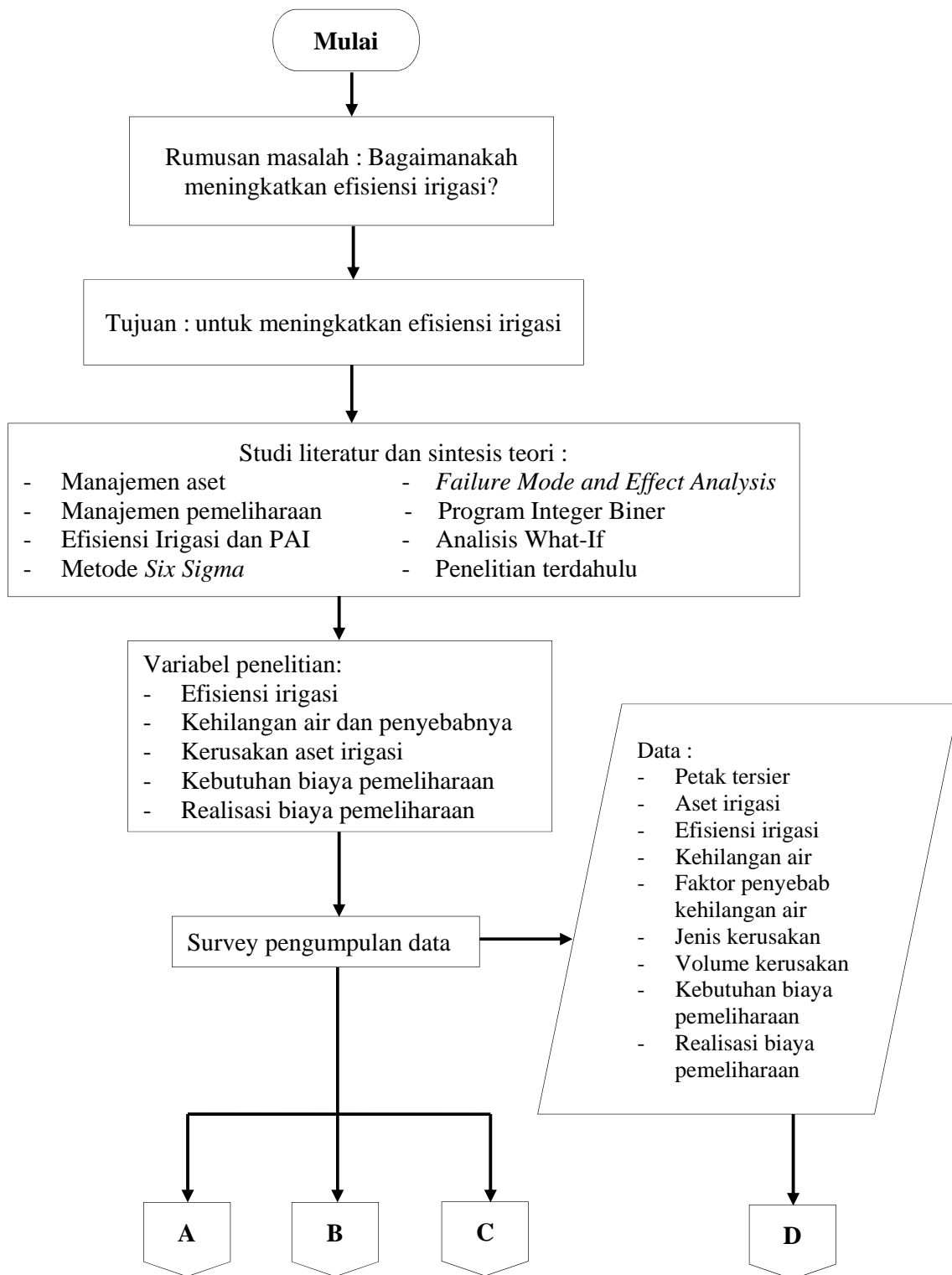
3.2. Tahapan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi irigasi. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka disusun tujuan penelitian yang lebih detail sebagai berikut.

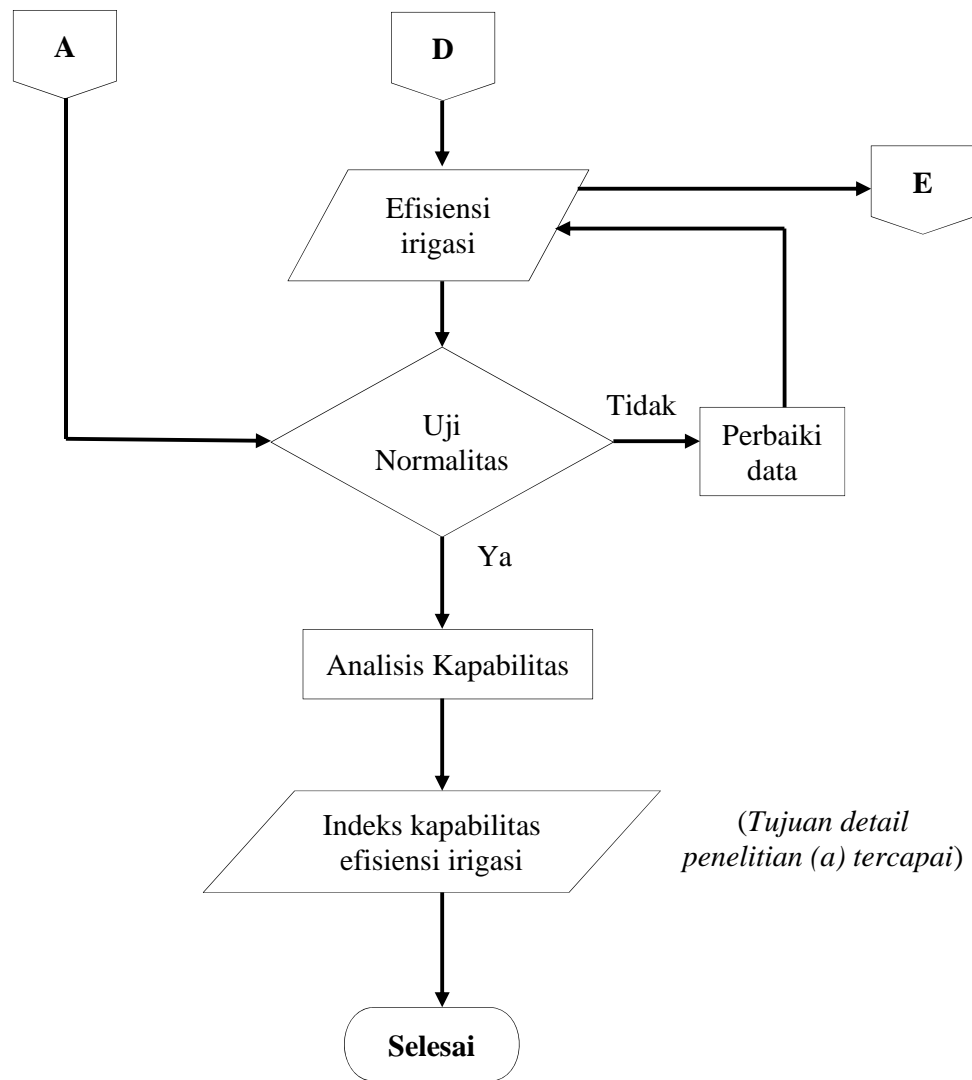
- a. Untuk mengidentifikasi indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting.

- b. Untuk mengidentifikasi penyebab kehilangan air irigasi.
- c. Untuk menentukan biaya pemeliharaan yang optimal.
- d. Untuk menentukan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi.

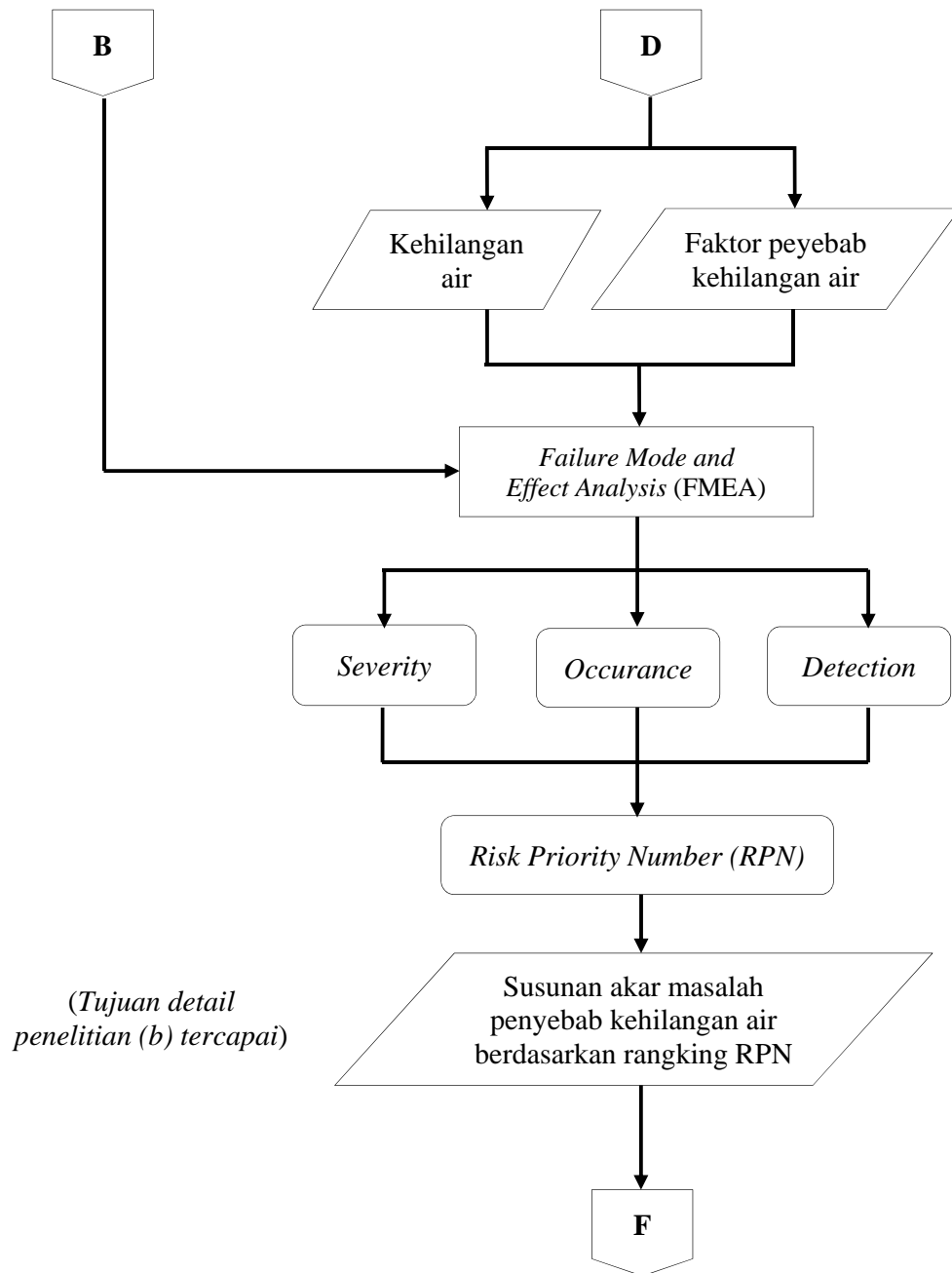
Secara umum untuk mencapai tujuan penelitian yang lebih detail tersebut, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan studi literatur untuk mendapatkan dasar teori terkait manajemen aset, manajemen pemeliharaan, metode Six Sigma. Setelah dasar teori diperoleh, maka dapat ditentukan variabel penelitian. Langkah selanjutnya setelah variabel penelitian tersusun adalah menyusun kebutuhan data penelitian. Setelah kebutuhan data penelitian tersusun, maka langkah selanjutnya adalah pengumpulan data penelitian. Dalam pengumpulan data penelitian terdapat beberapa hal yang dilakukan yaitu menentukan sampel dan melakukan survey pengumpulan data. Setelah data penelitian terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan kompilasi data dan analisa data. Pada tahap analisa data, terdapat 4 (empat) tahapan analisa, yaitu (1) analisa indeks kapabilitas efisiensi irigasi; (2) analisa faktor penyebab kehilangan air pada saluran irigasi; (3) analisa optimasi biaya pemeliharaan saluran irigasi; (4) analisa penentuan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi. Setelah melalui tahapan analisa data, maka dapat diketahui hasil penelitian, sehingga pada akhirnya dapat ditarik kesimpulan penelitian. Kesimpulan penelitian merupakan jawaban atas tujuan dan sasaran penelitian yang sebagaimana telah diuraikan di atas. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



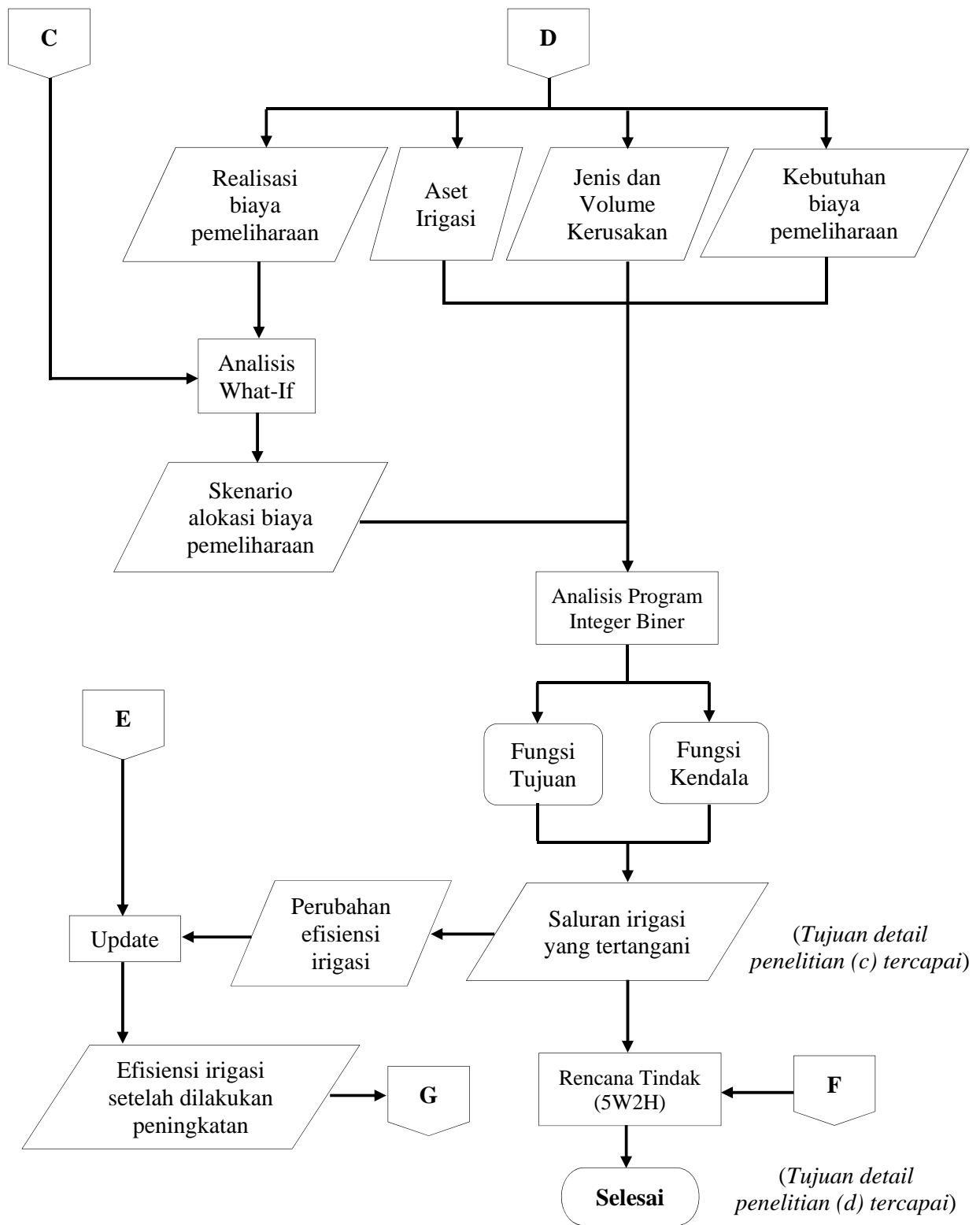
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian



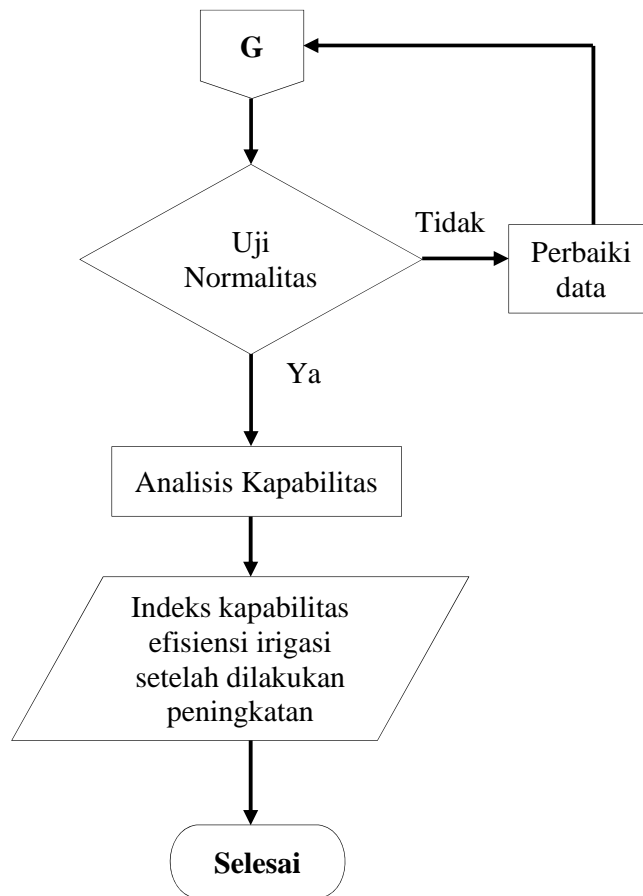
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian (lanjutan)



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian (lanjutan)



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian (lanjutan)



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian (lanjutan)

Adapun tahapan penelitian berdasarkan pendekatan metode Six Sigma dapat diuraikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Tahapan Penelitian berdasarkan Pendekatan Metode Six Sigma

No.	Tahapan Six Sigma	Input	Proses	Output
1.	<i>Define</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Data lapangan terkait pengelolaan aset irigasi. 2. Studi literatur 	Menentukan / mendefinisikan masalah	<p>Teridentifikasinya masalah, yaitu:</p> <p>Banyaknya aset irigasi yang rusak dan kebutuhan biaya pemeliharaan yang besar serta keterbatasan biaya pemeliharaan, menyebabkan penurunan efisiensi irigasi, khususnya pada efisiensi pengaliran (<i>conveyance efficiency</i>).</p>
2.	<i>Measure</i>	<p>- Banyaknya aset irigasi yang rusak dan kebutuhan biaya pemeliharaan yang besar serta keterbatasan biaya pemeliharaan, menyebabkan penurunan efisiensi irigasi, khususnya pada efisiensi</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan karakteristik kualitas kunci (<i>Critical to Quality</i>). 2. Melakukan analisis kapabilitas proses (<i>Capability analysis</i>) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teridentifikasinya karakteristik kualitas kunci (<i>Critical to Quality</i>) : <p>Efisiensi pengaliran (<i>conveyance efficiency</i>), yaitu perbandingan debit air yang masuk pada saluran tertier</p>

No.	Tahapan Six Sigma	Input	Proses	Output
		<p>pengaliran (<i>conveyance efficiency</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data efisiensi irigasi per petak tersier. 		<p>dengan debit air yang dialirkan dari sumbernya melalui saluran primer, saluran sekunder sampai bangunan sadap tersier.</p> <p>2. Teridentifikasinya indeks kapabilitas efisiensi irigasi.</p>
3.	Analyze	<p>Data yang digunakan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kehilangan air 2. <i>Expert opinion</i> faktor penyebab kehilangan air 3. Jenis dan volume kerusakan 4. Kebutuhan biaya pemeliharaan 5. Realisasi biaya pemeliharaan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA). 2. Melakukan analisis What if 3. Melakukan analisis Program Interger Biner 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teridentifikasi akar masalah penyebab kehilangan air. 2. Tersusunnya skenario alokasi biaya pemeliharaan. 3. Tersusunnya alternatif alokasi biaya pemeliharaan yang optimal. 4. Teridentifikasinya efisiensi irigasi (efisiensi pengaliran) pasca optimasi biaya pemeliharaan

No.	Tahapan Six Sigma	Input	Proses	Output
4.	<i>Improve</i>	Data yang digunakan: 1. Akar masalah penyebab kehilangan air. 2. Alternatif alokasi biaya pemeliharaan yang optimal.	Menentukan rencana tindakan dengan metode 5W-2H (<i>What, Why, Where, When, Who, How, How much</i>) untuk menyelesaikan akar masalah/ penyebab penurunan efisiensi irigasi.	Tersusunnya rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi
5.	<i>Control</i>	Data yang digunakan: Efisiensi irigasi (efisiensi pengaliran) pasca optimasi biaya pemeliharaan	Melakukan analisis kapabilitas proses (<i>Capability analysis</i>).	Teridentifikasinya indeks kapabilitas efisiensi irigasi setelah peningkatan.

3.3. Variabel penelitian

Berdasarkan hasil kajian pustaka tentang efisiensi irigasi, metode Six Sigma dan optimasi biaya pemeliharaan aset, maka dapat ditentukan variabel penelitian untuk masing-masing tujuan adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Variabel Penelitian untuk Peningkatan Efisiensi Irigasi Menggunakan Metode Six Sigma

No.	Tujuan	Variabel Dependen	Variabel Independen	Definisi Operasional
1.	Untuk mengidentifikasi indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting	Petak tersier	- Aset Irigasi - Efisiensi irigasi	<p><i>Petak tersier:</i> Kumpulan petak irigasi yang mendapatkan air dari saluran tersier yang sama.</p> <p><i>Aset irigasi :</i> Jaringan irigasi berupa saluran primer, sekunder dan tersier.</p> <p><i>Efisiensi irigasi :</i> Efisiensi pengaliran (<i>conveyance efficiency</i>) yaitu perbandingan debit air yang masuk pada saluran tertier dengan debit air yang dialirkan dari sumbernya melalui saluran primer, saluran sekunder sampai bangunan sadap tersier.</p>
2.	Untuk mengidentifikasi penyebab kehilangan air irigasi	Kehilangan air	Faktor penyebab kehilangan air	<p><i>Kehilangan air :</i> Besarnya debit air yang hilang selama proses pengaliran pada saluran irigasi.</p>

No.	Tujuan	Variabel Dependen	Variabel Independen	Definisi Operasional
				<i>Faktor penyebab kehilangan air:</i> Merupakan masalah-masalah yang menyebabkan terjadinya kehilangan air.
3.	Untuk menentukan biaya pemeliharaan yang optimal	<ul style="list-style-type: none"> - Efisiensi irigasi - Kehilangan air 	<ul style="list-style-type: none"> - Jenis kerusakan - Volume kerusakan - Kebutuhan biaya pemeliharaan - Realisasi biaya Pemeliharaan 	<p><i>Efisiensi irigasi :</i> Efisiensi pengaliran (<i>conveyance efficiency</i>) yaitu perbandingan debit air yang masuk pada saluran tertier dengan debit air yang dialirkan dari sumbernya melalui saluran primer, saluran sekunder sampai bangunan sadap tersier.</p> <p><i>Kehilangan air :</i> Besarnya debit air yang hilang selama proses pengaliran pada saluran irigasi.</p> <p><i>Jenis kerusakan :</i> Berbagai macam kerusakan yang terjadi pada bangunan sipil aset irigasi, meliputi bocor/lubang, gerusan, sedimen/walet, retak/patah/geser, longsor/menonjol dan sebagainya.</p> <p><i>Volume kerusakan :</i> Tingkat kerusakan pada bangunan sipil aset irigasi yang diukur dengan satuan tertentu.</p>

No.	Tujuan	Variabel Dependen	Variabel Independen	Definisi Operasional
				<p><i>Kebutuhan biaya pemeliharaan :</i> Biaya yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan aset irigasi.</p> <p><i>Realisasi biaya Pemeliharaan :</i> Biaya yang telah dialokasikan untuk memperbaiki kerusakan aset irigasi pada periode-periode yang lalu</p>
4.	Untuk menentukan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi	Rencana tindak	<p>- Akar masalah penyebab kehilangan air.</p> <p>- Alternatif alokasi biaya pemeliharaan yang optimal.</p>	<p><i>Rencana tindak:</i> Merupakan desain solusi untuk meningkatkan efisiensi irigasi.</p> <p><i>Akar masalah penyebab kehilangan air:</i> Merupakan susunan akar masalah penyebab kehilangan air berdasarkan rangking nilai risikonya.</p> <p><i>Alternatif alokasi biaya pemeliharaan yang optimal:</i> Merupakan hasil optimasi ketersediaan biaya pemeliharaan terhadap volume kehilangan air, jumlah saluran dan kebutuhan biaya pemeliharaan.</p>

Sumber: Hasil tinjauan teori, 2016

3.4. Teknik pengumpulan data

Cara perolehan data untuk penelitian ini dilakukan dengan survei primer dan survei sekunder. Survei ini dilakukan dengan dua kegiatan, yaitu:

a. Survei Instansi dan Observasi Lapangan

Pencarian data dan informasi yang berkaitan dengan basis data aset irigasi / PDSDA-PAI (Pengolahan Data Sumber Daya Air – Pengelolaan Aset Irigasi) pada Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Trenggalek dan pada pengamat irigasi di lapangan. Serta data terkait realisasi anggaran infrastruktur pada Bagian Administrasi Pembangunan Sekretariat Daerah Kabupaten Trenggalek. Adapun secara rinci data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

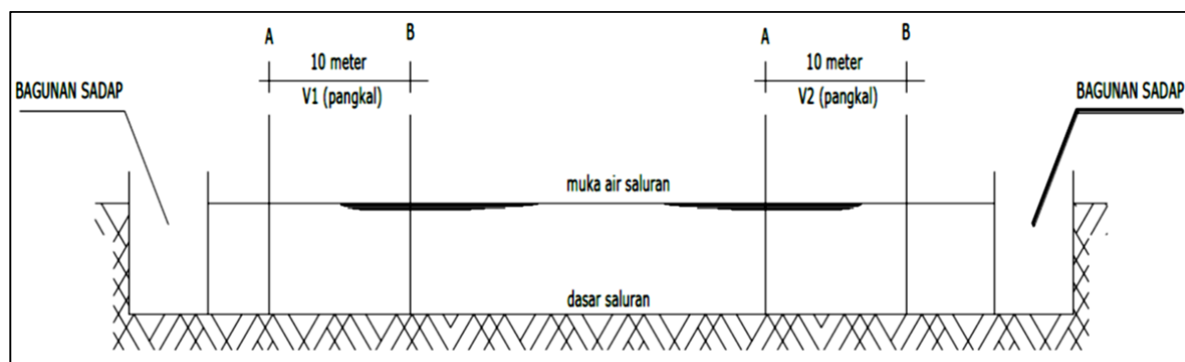
- 1) Data efisiensi irigasi, berupa data debit air irigasi pada saluran primer, saluran sekunder sampai dengan bangunan sadap tertier.
- 2) Data jenis kerusakan pada bangunan sipil aset irigasi.
- 3) Data volume kerusakan pada bangunan sipil aset irigasi.
- 4) Data kebutuhan biaya pemeliharaan aset irigasi.
- 5) Data realisasi biaya pemeliharaan aset irigasi 5 (lima) tahun terakhir.

Khusus untuk data efisiensi irigasi diperoleh dengan pengukuran langsung di lapangan. Pada penelitian ini pengukuran efisiensi air pada saluran irigasi dilakukan dengan metode air masuk (*inflow*) dan air keluar (*outflow*). Metode air masuk (*inflow*) dan air keluar (*outflow*) adalah paling cocok /tepat untuk mengukur kehilangan air pada suatu saluran yang panjang karena air masuk dan air keluar dapat diukur dengan mudah tanpa mempengaruhi operasi penyaluran air irigasi selama penelitian berlangsung. Metode air masuk dan air keluar dilakukan dengan cara mengukur debit di hulu dan debit di hilir dari suatu saluran yang akan diteliti kehilangan airnya. Selisih banyaknya air yang masuk dan air yang keluar dari saluran yang diukur merupakan kehilangan air yang terjadi.

Dalam pengukuran efisiensi irigasi ini, alat yang digunakan berupa pelampung sebagai alat pengukur kecepatan aliran air, *stopwatch* untuk

menghitung waktu yang diperlukan pelampung sampai pada titik yang ditentukan, *roll meter* untuk mengukur kedalaman saluran; serta meteran. Prosedur pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung (Gambar 3.2) adalah sebagai berikut.

- 1) menentukan titik awal (titik A);
- 2) menentukan panjang (L) lintasan pelampung;
- 3) menentukan titik akhir (titik B);
- 4) melepaskan pelampung dari titik A bergerak menuju titik B,
- 5) waktu tempuh pelampung diukur dengan *stopwatch*.



Gambar 3.2 Titik pengukuran kecepatan aliran.

Disamping itu juga dilakukan wawancara kepada pejabat/petugas yang berwenang di Bagian Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Trenggalek untuk mendapatkan *expert opinion* dalam rangka mengidentifikasi akar masalah yang menyebabkan kehilangan air pada saluran irigasi. Adapun daftar pertanyaan untuk wawancara dapat dilihat pada Lampiran B.

b. Studi Literatur

Studi literatur atau kepustakaan dilakukan dengan meninjau isi dari literatur yang bersangkutan dengan tema penelitian ini, diantaranya berupa buku-buku, hasil penelitian, serta artikel di internet dan media masa. Studi literatur dilakukan dengan membaca, merangkum dan menyimpulkan semua referensi tentang peningkatan efisiensi irigasi.

3.5. Teknik penarikan sampel

Data yang digunakan dalam analisis penelitian ini adalah data populasi. Populasi yang dimaksud adalah seluruh saluran irigasi beserta petak tersiernya, yang ada pada 3 (tiga) daerah irigasi di Kabupaten Trenggalek yaitu, DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh. Penarikan data populasi dilakukan dengan memanfaatkan basis data PDSDA-PAI Kabupaten Trenggalek.

3.6. Teknik analisa

3.6.1. Analisa indeks kapabilitas efisiensi irigasi

Analisa ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting. Data yang digunakan dalam analisa ini adalah data efisiensi irigasi. Adapun teknik analisis yang digunakan adalah:

- a. Uji Normalitas (*Normality Test*), untuk mengetahui apakah data efisiensi irigasi telah berdistribusi normal. Proses analisis ini dibantu dengan software Minitab 16.
- b. Analisis Kapabilitas (*Capability Analysis*), untuk mengetahui indeks kapabilitas efisiensi irigasi. Proses analisis ini dibantu dengan software Minitab 16.

3.6.2. Analisa faktor penyebab kehilangan air pada saluran irigasi

Analisa ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi akar masalah penyebab kehilangan air pada saluran irigasi. Data yang digunakan dalam analisa ini adalah data kehilangan air dan *expert opinion* terkait faktor penyebab kehilangan air. Adapun teknik analisis yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Proses analisis ini dibantu dengan software Microsoft Office Excel.

3.6.3. Analisa optimasi biaya pemeliharaan saluran irigasi

Analisa ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan alternatif alokasi biaya pemeliharaan dalam rangka peningkatan efisiensi irigasi. Data yang digunakan dalam analisa ini adalah data efisiensi irigasi, kehilangan air, jenis

kerusakan, volume kerusakan, kebutuhan biaya pemeliharaan dan realisasi biaya pemeliharaan. Adapun teknik analisis yang digunakan:

- a. Analisis What if (*What if Analysis*), untuk menentukan skenario alokasi biaya pemeliharaan aset irigasi. Skenario alokasi biaya pemeliharaan aset irigasi disusun berdasarkan ukuran pemusatan data (seperti *mean*, *median*, *modus*, *min*, *max*) dari data realisasi biaya pemeliharaan. Proses analisis ini dibantu dengan software Microsoft Office Excel.
- b. Program Integer Biner (*Zero One / Binary Integer Programming*), untuk melakukan optimasi biaya pemeliharaan aset irigasi. Proses analisis ini dibantu dengan software QM for Windows v4.

3.6.4. Analisa penentuan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi

Analisa ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi. Data yang digunakan dalam analisa ini adalah data akar masalah penyebab kehilangan air pada saluran irigasi dan alternatif alokasi biaya pemeliharaan. Adapun teknik analisis yang digunakan adalah metode 5W-2H (*What, Why, Where, When, Who, How, How much*). Disamping itu juga dilakukan analisis kapabilitas (*Capability Analysis*) untuk mengetahui indeks kapabilitas efisiensi irigasi setelah peningkatan. Proses analisis ini dibantu dengan software Minitab 16.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

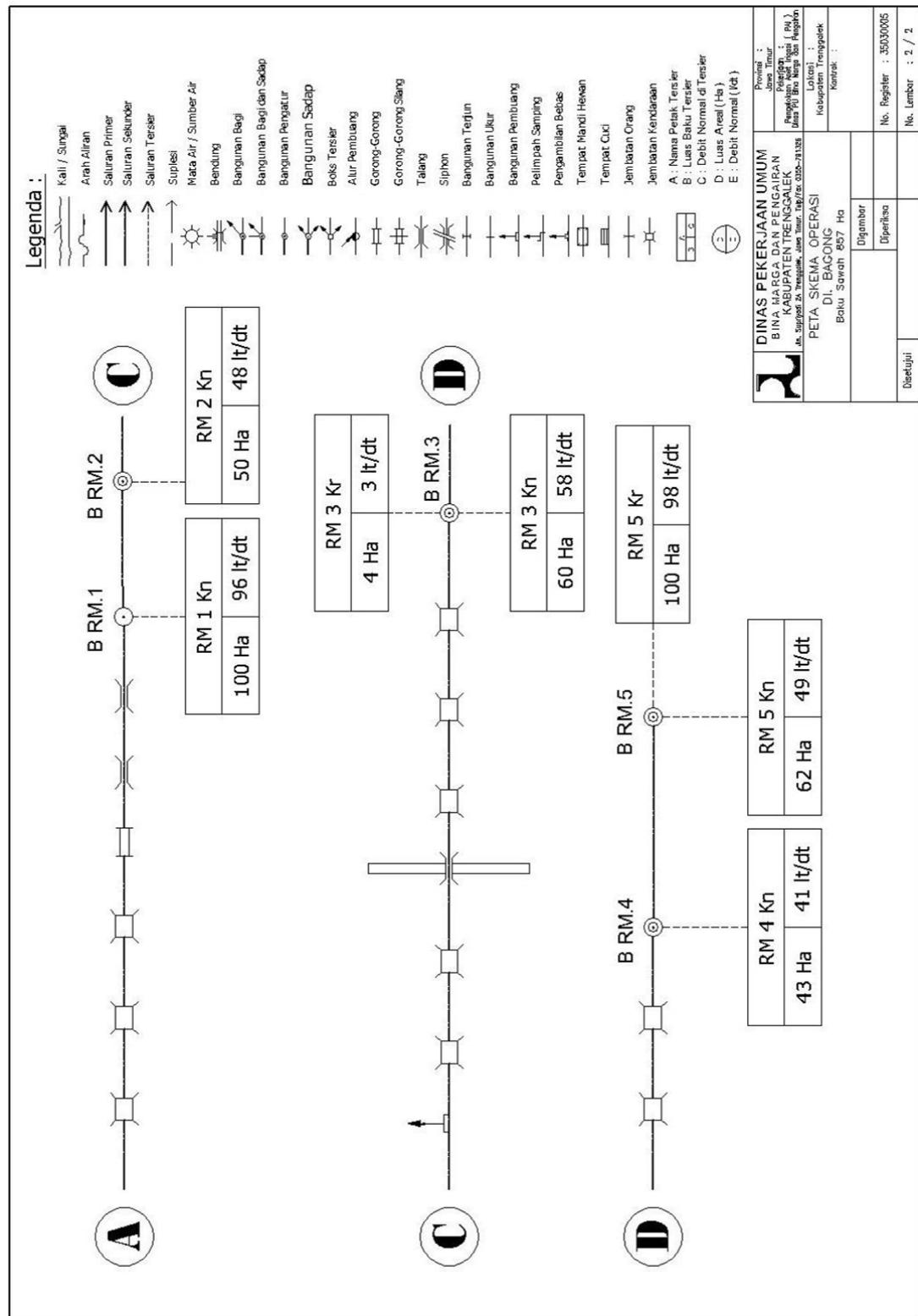
4.1. Gambaran umum obyek penelitian

4.1.1. Daerah Irigasi (DI) Bagong

Daerah Irigasi Bagong merupakan daerah irigasi yang dialiri air irigasi dengan memanfaatkan Sungai Bagong melalui bendung Bagong, yang terletak di Desa Surondakan Kecamatan Trenggalek. Daerah irigasi yang memiliki luas area layanan 854 ha. Daerah irigasi ini masuk dalam wilayah pengamatan Kantor Pengamat Pengairan Trenggalek. Kondisi fisik secara umum untuk bangunan irigasi D.I. Bagong berdasarkan hasil survey adalah perlunya normalisasi pada sebagian besar saluran dengan pengerukan sedimen dan perbaikan dari kerusakan karena longsor maupun kebocoran. Adapun profil saluran, kerusakan dan kebutuhan biaya dapat dilihat pada **Lampiran C**.



Gambar 4.1 Kondisi eksisting saluran irigasi DI. Bagong



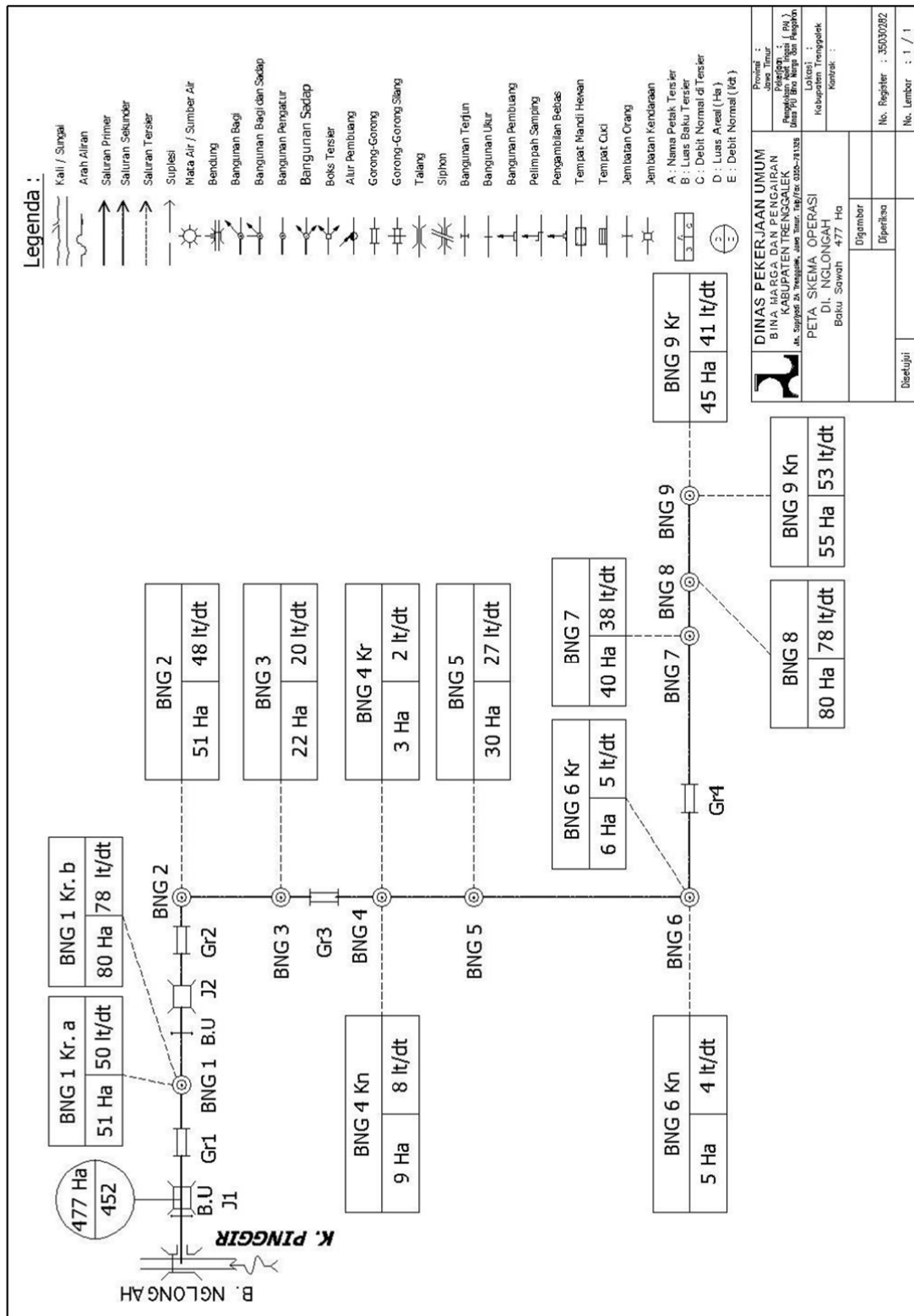
Gambar 4.2 Peta skema irigasi DI. Bagong (lanjutan)

4.1.2. Daerah Irigasi (DI) Nglongah

Daerah Irigasi Nglongah merupakan daerah irigasi yang dialiri air irigasi dengan memanfaatkan Sungai Mlinjon melalui bendung Nglongah, yang terletak di Desa Sumberingin Kecamatan Karang. Daerah irigasi yang memiliki luas area layanan 477 ha dan masuk dalam wilayah pengamatan Kantor Pengamat Pengairan Trenggalek. Kondisi fisik secara umum untuk bangunan irigasi D.I. Nglongah berdasarkan hasil survey masih banyak terdapat sampah, sedimen dan tanaman liar di beberapa ruas saluran di bagian hulu. Beberapa ruas saluran dengan kondisi pasangan batu yang hampir tenggelam karena penuh sedimen atau terjadi penurunan struktur, dan saluran bagian hilir banyak yang perlu diperbaiki. Adapun profil saluran, kerusakan dan kebutuhan biaya dapat dilihat pada **Lampiran C**.



Gambar 4.3 Kondisi eksisting saluran irigasi DI. Nglongah



Gambar 4.4 Peta skema irigasi DI. Nglongah (DPU BMP Kab. Trenggalek, 2016)

4.1.3. Daerah Irigasi (DI) Ngepeh

Daerah Irigasi Ngepeh merupakan daerah irigasi yang dialiri air irigasi dengan memanfaatkan Sungai Ngepeh melalui bendung Ngepeh, yang terletak di Desa Ngepeh Kecamatan Tugu. Daerah irigasi yang memiliki luas area layanan 345 ha dan masuk dalam wilayah pengamatan Kantor Pengamat Pengairan Trenggalek. Kondisi fisik secara umum untuk bangunan irigasi D.I. Ngepeh berdasarkan hasil survey banyak mengalami penurunan, beberapa ruas saluran ada yang belum terdapat pasangan batu dan terdapat sedimen di saluran bagian hilir saja. Adapun profil saluran, kerusakan dan kebutuhan biaya dapat dilihat pada **Lampiran C**.



Gambar 4.5 Kondisi eksisting saluran irigasi DI. Ngepeh

4.2. Analisa indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting

Analisa indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting dilakukan untuk mengetahui nilai indeks kapabilitas proses (Ppk) dari efisiensi irigasi eksisting. Analisa ini diawali dengan melakukan Uji Normalitas. Uji Normalitas ini dilakukan untuk mengetahui apakah data efisiensi irigasi tersebut berdistribusi normal atau tidak. Uji Normalitas merupakan syarat untuk dapat melakukan analisis kapabilitas. Sehingga untuk dapat melakukan analisis kapabilitas, data harus berdistribusi normal.

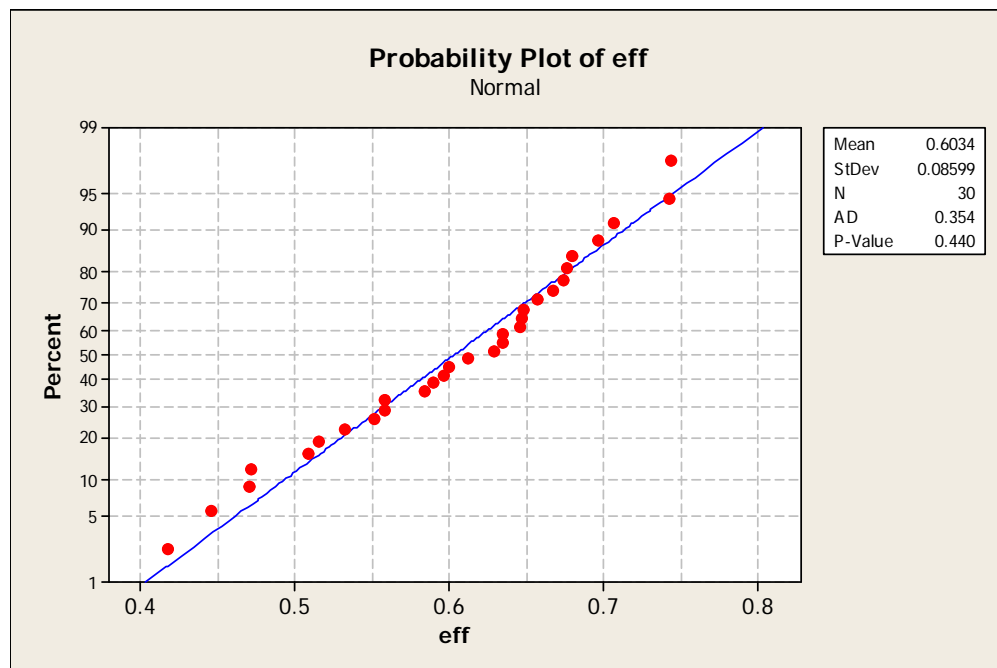
Tabel 4.1 Efisiensi Irigasi Eksisting DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek

No.	DI	Nama Petak	Efisiensi Irigasi
1.	Bagong	BG 2 Kn	0.675
2.	Bagong	BG 2 Kr	0.658
3.	Bagong	BG 3 Kr	0.667
4.	Bagong	BG 4 Kn	0.630
5.	Bagong	BG 5 Kn	0.558
6.	Bagong	BG 5 Kr	0.515
7.	Bagong	RM 1 Kn	0.613
8.	Bagong	RM 2 Kn	0.600
9.	Bagong	RM 3 Kr	0.446
10.	Bagong	RM 3 Kn	0.509
11.	Bagong	RM 4 Kn	0.471
12.	Bagong	RM 5 Kr	0.470
13.	Bagong	RM 5 Kn	0.418
14.	Nglongah	BNG 1 Kr.a	0.745
15.	Nglongah	BNG 1 Kr.b	0.743
16.	Nglongah	BNG 2	0.707
17.	Nglongah	BNG 3	0.697
18.	Nglongah	BNG 4 Kr	0.590
19.	Nglongah	BNG 4 Kn	0.677
20.	Nglongah	BNG 5	0.680
21.	Nglongah	BNG 6 Kr	0.646
22.	Nglongah	BNG 6 Kn	0.635
23.	Nglongah	BNG 7	0.648
24.	Nglongah	BNG 8	0.647
25.	Nglongah	BNG 9 Kn	0.596
26.	Nglongah	BNG 9 Kr	0.584

No.	DI	Nama Petak	Efisiensi Irigasi
27.	Ngepeh	NGEPEH 1	0.635
28.	Ngepeh	NGEPEH 2	0.552
29.	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	0.532
30.	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	0.559

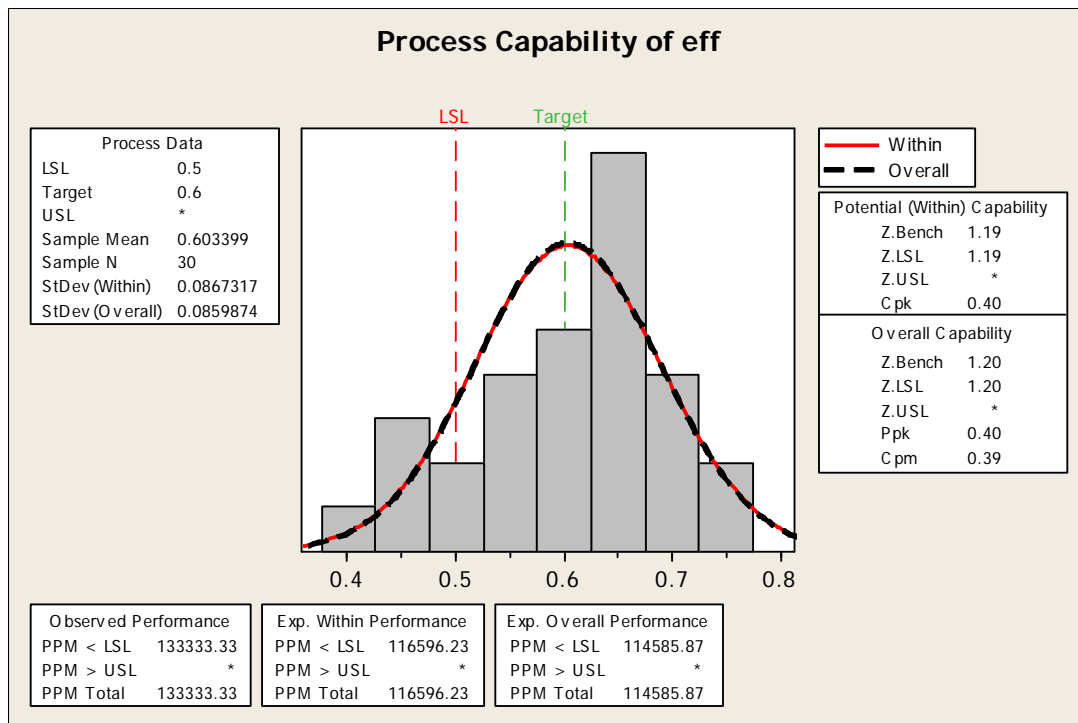
Sumber: Hasil survey, 2017

Data yang digunakan untuk Uji Normalitas adalah data efisiensi irigasi keseluruhan per petak tersier sebagaimana Tabel 4.1 di atas atau pada Lampiran D. Adapun hasil Uji Normalitas dapat disajikan pada Gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.7 Output Uji Normalitas efisiensi irigasi eksisting (Hasil analisis 2017)

Pada output uji Normalitas di atas menunjukkan bahwa nilai P-Value lebih besar dari 0.05 ($P\text{-Value} > 0.05$), hal ini membuktikan bahwa data efisiensi irigasi eksisting telah berdistribusi normal. Dengan demikian data efisiensi irigasi dapat dilakukan analisis lanjut, yaitu analisis kapabilitas (*Capability Analyze*). Analisis kapabilitas merupakan bagian dari tahap *Measure* dalam tahapan Metode Six Sigma. Berikut hasil analisis kapabilitas efisiensi irigasi eksisting.



Gambar 4.8 Output analisis kapabilitas efisiensi irigasi eksisting (Hasil analisis, 2017)

Pada output analisis kapabilitas di atas, nilai LSL (*Lower Spesification Limit*) adalah 0.5, nilai Target adalah 0.6 dan nilai USL (*Upper Spesification Limit*) tidak ada, ini menunjukkan bahwa untuk mengetahui indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting digunakan batas bawah efisiensi sebesar 0.5 dengan target efisiensi 0.6, sementara untuk batas atas efisiensi tidak dibatasi. Batas atas efisiensi tidak dibatasi karena nilai efisiensi semakin tinggi akan semakin baik. Pada bagian *overall capability*, nilai Ppk sebesar 0.04 ($Ppk < 1$) menunjukkan bahwa nilai efisiensi irigasi masih dekat dengan nilai batas bawah spesifikasi 0.5. Sementara itu pada *Observed Performance*, nilai PPM Total adalah 133333.33, ini menunjukkan bahwa 13% petak tersier nilai efisiensi irigasinya masih di bawah batas bawah spesifikasi (< 0.5). Dengan demikian berdasarkan analisis kapabilitas ini, maka perlu upaya untuk meningkatkan efisiensi irigasi eksisting agar dapat mencapai nilai standar-nya (0.50 - 0.60).

4.3. Analisa faktor penyebab kehilangan air pada saluran irigasi

Berdasarkan analisis kapabilitas telah diketahui bahwa perlu upaya untuk meningkatkan efisiensi irigasi agar dapat mencapai nilai standarnya (0.50-0.60). Efisiensi irigasi berbanding terbalik dengan kehilangan air. Semakin banyak kehilangan air, maka efisiensi irigasinya semakin rendah. Begitu juga sebaliknya, semakin sedikit kehilangan air, maka efisiensi irigasinya semakin tinggi. Oleh karena itu, agar efisiensi irigasi meningkat maka kehilangan air harus dapat direduksi. Upaya untuk mereduksi kehilangan air akan terkendala jika belum diketahui faktor penyebabnya, sehingga sulit untuk mencari solusi pemecahannya.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada sub bab ini akan dilakukan analisis dengan tujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kehilangan air pada saluran irigasi. Dalam analisis ini menggunakan teknik analisis FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*). Dalam analisis FMEA ini, analisis dilakukan dengan melibatkan pendapat profesional (*expert opinion*) dari pengelola aset irigasi untuk menentukan nilai *Occurance*, *Severity* dan *Detection*. Analisis FMEA ini merupakan bagian dari tahap *Analyze* dalam tahapan Metode Six Sigma. Berikut hasil analisis FMEA – kehilangan air irigasi pada saluran irigasi.

Tabel 4.2 FMEA – Kehilangan Air Irigasi pada Saluran

No.	Jenis Cacat <i>Mode of failure</i>	Penyebab Cacat <i>Cause of failure</i>	O	Akibat Cacat <i>Effect of failure</i>	S	Kontrol Saat Ini <i>Current Control</i>	D	RPN	Rank
	1	2	3	4	5	6	7	8 = 3 x 5 x 7	9
1.	Evaporasi pada muka air	Suhu yang tinggi karena paparan sinar matahari	10	Air menguap	1	Tidak ada kontrol	4	40	7

No.	Jenis Cacat <i>Mode of failure</i>	Penyebab Cacat <i>Cause of failure</i>	O	Akibat Cacat <i>Effect of failure</i>	S	Kontrol Saat Ini <i>Current Control</i>	D	RPN	Rank
	1	2	3	4	5	6	7	$8 = 3 \times 5 \times 7$	9
2.	Perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran	<ul style="list-style-type: none"> - Saluran belum di-<i>lining</i> - Tergerusnya lining saluran 	8	Air meresap ke dalam tanah sampai ke lapisan tanah yang jenuh air	6	Inpeksi rutin dan perbaikan perkerasan	3	144	2
3.	Rembesan di tanggul saluran	<ul style="list-style-type: none"> - Saluran rusak karena umur bangunan sudah tua - Saluran rusak karena luput pengawasan - Saluran rusak yang tidak diperbaiki karena kurangnya biaya pemeliharaan - Saluran rusak karena rendahnya kualitas material dan komposisi 	8	Air merembes keluar dari saluran	5	Inspeksi rutin dan perbaikan dinding saluran	3	120	3

No.	Jenis Cacat <i>Mode of failure</i>	Penyebab Cacat <i>Cause of failure</i>	O	Akibat Cacat <i>Effect of failure</i>	S	Kontrol Saat Ini <i>Current Control</i>	D	RPN	Rank
	1	2	3	4	5	6	7	$8 = 3 \times 5 \times 7$	9
		material yang tidak tepat - Saluran rusak karena bencana banjir dan longsor							
4.	Peluapan di atas tanggul saluran	- Pengambilan air ilegal oleh petani atau masyarakat - Kesalahan dalam mengoperasikan pintu air - Kerusakan pintu air - Sedimentasi pada dasar saluran - Tebing longsor hingga menyumbat saluran	7	- Sebagian volume air hilang dicuri - Air meluap atau meluber keluar saluran	3	Inspeksi rutin	5	105	4

No.	Jenis Cacat <i>Mode of failure</i>	Penyebab Cacat <i>Cause of failure</i>	O	Akibat Cacat <i>Effect of failure</i>	S	Kontrol Saat Ini <i>Current Control</i>	D	RPN	Rank
	1	2	3	4	5	6	7	$8 = 3 \times 5 \times 7$	9
5.	Jebolnya tanggul saluran	<ul style="list-style-type: none"> - Bencana banjir dan longsor - Pengambilan air ilegal oleh petani atau masyarakat 	8	<ul style="list-style-type: none"> - Air menerobos keluar saluran melalui tanggul yang jebol - Sebagian volume air hilang dicuri 	10	Perbaikan darurat/rehab	6	480	1
6.	Lubang tikus di tanggul saluran	<ul style="list-style-type: none"> - Saluran belum di-<i>lining</i> - Banyaknya tanaman liar pada saluran 	7	Air bocor atau mengalir keluar dari saluran melalui lubang tikus	2	Tidak ada kontrol	6	84	5

Sumber : Hasil analisis, 2017

Keterangan : O : *Occurance* (Frekuensi kejadian)

S : *Severity* (Besarnya pengaruh efek)

D : *Detection* (Kemungkinan terdeteksi/teratasi)

Berdasarkan hasil analisis FMEA di atas dapat diketahui bahwa 3 (tiga) peringkat tertinggi penyebab kehilangan air pada saluran irigasi adalah jebolnya tanggul saluran, perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran dan rembesan di tanggul saluran. Untuk mengetahui urutan rangking RPN secara keseluruhan, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Urutan Jenis Cacat Berdasarkan Ranging RPN

Jenis Cacat (<i>Mode of failure</i>)	RPN	Ranging
Jebolnya tanggul saluran	480	1
Perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran	144	2
Rembesan di tanggul saluran	120	3
Peluapan di atas tanggul saluran	105	4
Lubang tikus di tanggul saluran	84	5
Evaporasi pada muka air	40	6

Sumber: Hasil analisis, 2017

Urutan ranging RPN di atas merepresentasikan urutan prioritas permasalahan kehilangan air irigasi yang harus segera ditangani. Untuk itu langkah terakhir dari analisis FMEA ini adalah membuat desain solusi berdasarkan urutan permasalahan tersebut. Adapun desain solusi masalah kehilangan air irigasi dapat diuraikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.4 Desain Solusi Masalah Kehilangan Air Irigasi

No.	Jenis Cacat (<i>Mode of failure</i>)	Desain Solusi	Strategi Desain Solusi		
			Menurunkan Frekuensi Kejadian	Menurunkan Besarnya Pengaruh Efek	Meningkatkan Kemungkinan Terdeteksi dan Teratasi
1.	Jebolnya tanggul saluran	– Menetapkan garis sempadan saluran sesuai ketentuan dan peraturan yang berlaku.	√	-	-
		– Memasang papan larangan tentang penggarapan tanah dan mendirikan bangunan di dalam garis sempadan saluran.	√	-	-

No.	Jenis Cacat (<i>Mode of failure</i>)	Desain Solusi	Strategi Desain Solusi		
			Menurunkan Frekuensi Kejadian	Menurunkan Besarnya Pengaruh Efek	Meningkatkan Kemungkinan Terdeteksi dan Teratasi
		<ul style="list-style-type: none"> – Petugas pengelola irigasi harus mengontrol patok-patok batas tanah pengairan supaya tidak dipindahkan oleh masyarakat. – Memasang papan larangan untuk kendaraan yang melintas jalan inspeksi yang melebihi kelas jalan. – Melarang mendirikan bangunan dan/atau menanam pohon di tanggul saluran irigasi. – Meningkatkan kesadaran petani dan masyarakat dalam menjaga dan memelihara saluran irigasi, misalnya dengan penyuluhan atau penerapan sanksi yang lebih tegas. – Membuat bangunan pengaman ditempat-tempat yang berbahaya, misalnya disekitar bangunan utama, siphon, ruas saluran yang tebingnya curam, daerah 	<p>-</p> <p>√</p> <p>√</p> <p>√</p> <p>√</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>√</p> <p>√</p>	<p>√</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>

No.	Jenis Cacat (<i>Mode of failure</i>)	Desain Solusi	Strategi Desain Solusi		
			Menurunkan Frekuensi Kejadian	Menurunkan Besarnya Pengaruh Efek	Meningkatkan Kemungkinan Terdeteksi dan Teratasi
		<p>padat penduduk dan lain sebagainya.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Pemasangan penghalang di jalan inspeksi dan tanggul-tanggul saluran berupa portal atau patok. – Perbaiki saluran – Perbaiki jalan inspeksi – Perbaiki darurat 	<p>√</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>-</p> <p>√</p> <p>√</p> <p>√</p>	<p>-</p> <p>√</p> <p>√</p> <p>√</p>
2.	Perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran	<ul style="list-style-type: none"> – Menutup lubang-lubang bocoran kecil di saluran/bangunan. – Perbaiki kecil pada pasangan, misalnya plesteran yang retak atau beberapa batu muka yang lepas. – Dinding dan dasar saluran di-<i>lining</i>, baik dengan pasangan batu atau beton. 	<p>-</p> <p>-</p> <p>√</p>	<p>√</p> <p>√</p> <p>√</p>	<p>√</p> <p>-</p> <p>-</p>
3.	Rembesan di tanggul saluran	<ul style="list-style-type: none"> – Pemanfaatan material dengan kualitas baik / memenuhi standar – Pemanfaatan teknologi material kedap air – Penggunaan komposisi material yang tepat 	<p>√</p> <p>√</p> <p>√</p>	<p>-</p> <p>√</p> <p>-</p>	<p>√</p> <p>-</p> <p>-</p>

No.	Jenis Cacat (<i>Mode of failure</i>)	Desain Solusi	Strategi Desain Solusi		
			Menurunkan Frekuensi Kejadian	Menurunkan Besarnya Pengaruh Efek	Meningkatkan Kemungkinan Terdeteksi dan Teratasi
		<ul style="list-style-type: none"> – Menutup lubang-lubang bocoran kecil di saluran/bangunan. – Perbaiki kecil pada pasangan, misalnya plesteran yang retak atau beberapa batu muka yang lepas. – Perbaiki saluran 	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>√</p> <p>√</p> <p>√</p>	<p>√</p> <p>-</p> <p>√</p>
4.	Peluapan di atas tanggul saluran	<ul style="list-style-type: none"> – Petugas pengelola irigasi harus mengontrol pintu-pintu air untuk memastikan bahwa pintu-pintu tersebut berfungsi dengan baik pada saat pengoperasian. – Meningkatkan kesadaran petani dan masyarakat dalam menjaga dan memelihara saluran irigasi, misalnya dengan pemasangan papan peringatan, penyuluhan atau penerapan sanksi yang lebih tegas. – Memberikan minyak pelumas pada bagian pintu. – Membersihkan bangunan dan saluran dari sampah dan 	<p>√</p> <p>√</p> <p>√</p> <p>√</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>√</p>	<p>√</p> <p>√</p> <p>-</p> <p>-</p>

No.	Jenis Cacat (<i>Mode of failure</i>)	Desain Solusi	Strategi Desain Solusi		
			Menurunkan Frekuensi Kejadian	Menurunkan Besarnya Pengaruh Efek	Meningkatkan Kemungkinan Terdeteksi dan Teratasi
		kotoran. – Pembuangan endapan lumpur di bangunan ukur. – Pembuangan lumpur di bangunan dan saluran. – Perbaikan pintu-pintu dan scot balok. – Penggantian pintu.	√ √ √ √	√ √ - -	√ - - -
5.	Lubang tikus di tanggul saluran	– Membersihkan saluran dan bangunan dari tanaman liar dan semak-semak. – Memberantas hama tikus	√ √	- √	√ √
6.	Evaporasi pada muka air	– Memelihara tanaman lindung disekitar bangunan dan di tepi luar tanggul saluran. – Pemanfaatan saluran irigasi tertutup, seperti pipa, gorong-gorong atau box culvert.	- √	√ √	- √

Sumber: Hasil analisis, 2017

Desain solusi yang telah diuraikan pada tabel di atas selanjutnya akan menjadi input dalam analisis penentuan rencana tindak. Dimana analisis penentuan rencana tindak ini akan diuraikan pada sub bab 4.5.

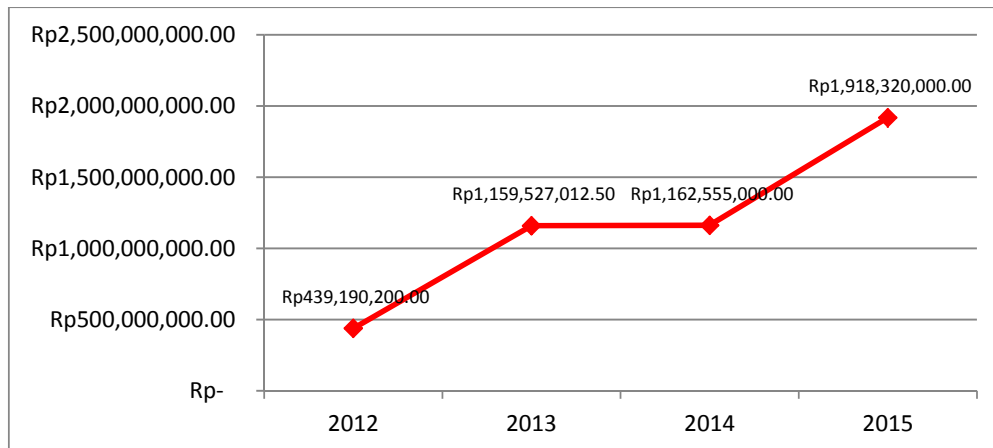
4.4. Analisa optimasi biaya pemeliharaan saluran irigasi

Untuk menentukan dimana dan berapa besar biaya pemeliharaan yang akan dialokasikan untuk meningkatkan efisiensi irigasi, maka perlu disusun skenario alokasi biaya pemeliharaan aset irigasi. Skenario alokasi biaya pemeliharaan aset irigasi disusun berdasarkan realisasi biaya pemeliharaan aset irigasi. Realisasi biaya pemeliharaan aset irigasi yang digunakan adalah data realisasi biaya pemeliharaan aset irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek selama kurun waktu tahun 2012 sampai dengan tahun 2015, sebagaimana dapat dilihat pada **Lampiran E**. Secara teknis skenario alokasi biaya pemeliharaan disusun dengan menggunakan analisis *What if*, dimana di dalamnya menggunakan pendekatan statistik, yaitu ukuran pemusatan data. Ukuran pemusatan data yang digunakan adalah nilai bawah (*min*), rata-rata (*mean*) dan nilai atas (*max*). Analisis *What if* ini merupakan tahap *Analyze* dari tahapan Metode Six Sigma. Adapun data realisasi biaya pemeliharaan dapat disajikan dalam tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.5 Realisasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2015

Tahun	Realisasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi
2012	Rp 439,190,200.00
2013	Rp 1,159,527,012.50
2014	Rp 1,162,555,000.00
2015	Rp 1,918,320,000.00
Jumlah	Rp 4,679,592,212.50

Sumber : Bagian Administrasi Pembangunan Sekretariat Daerah Kabupaten Trenggalek, 2016



Gambar 4.9 Realisasi biaya pemeliharaan aset irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2015

Berdasarkan tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa realisasi biaya pemeliharaan aset irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek Tahun 2012-2015 cenderung meningkat. Pada tahun 2012 alokasi biaya pemeliharaan untuk tiga daerah irigasi tersebut sebesar Rp. 439,190,200.00. Sementara itu pada tahun 2015 alokasi biaya pemeliharaan untuk tiga daerah irigasi tersebut melesat menjadi Rp. 1,918,320,000.00. Akan tetapi saat ini fakta di lapangan menunjukkan bahwa masih banyak terdapat aset irigasi yang rusak. Hal ini membuktikan bahwa biaya pemeliharaan yang disediakan belum cukup untuk menangani seluruh aset irigasi yang rusak. Ditambah lagi dengan praktek pemeliharaan atau pengelolaan aset irigasi yang belum baik, serta faktor bencana yang sulit diprediksi.

Dengan menggunakan ukuran pemusatan data, data realisasi biaya pemeliharaan di atas dianalisis untuk menentukan nilai bawah, rata-rata dan nilai atas. Berdasarkan ketiga nilai inilah skenario alokasi biaya pemeliharaan akan ditentukan. Adapun hasil analisis skenario adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 Skenario Alokasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek

Ukuran Pemusatan Data	Nilai	Skenario Alokasi Biaya Pemeliharaan
Nilai bawah (<i>Min</i>)	Rp. 439,190,200.00	Pesimis
Rata-rata (<i>Mean</i>)	Rp. 1,169,898,053.13	Moderat
Nilai atas (<i>Max</i>)	Rp. 1,918,320,000.00	Optimis

Sumber: Hasil analisis, 2017

Kebutuhan biaya pemeliharaan aset irigasi adalah sebesar Rp. 1,883,294,012.22. Namun berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa nilai bawah (*min*) realisasi biaya pemeliharaan adalah sebesar Rp. 439,190,200.00 dengan kategori skenario pesimis. Ini berarti bahwa pada skenario pesimis ini, kemungkinan jumlah alokasi biaya pemeliharaan yang akan disediakan adalah sangat kecil (sedikit), sehingga sebagian kecil saja aset irigasi yang akan tertangani. Sementara itu nilai rata-rata (*mean*) realisasi biaya pemeliharaan adalah sebesar Rp. 1,169,898,053.13 dengan kategori skenario moderat. Ini berarti bahwa pada skenario moderat ini, kemungkinan jumlah alokasi biaya pemeliharaan yang akan disediakan adalah cukup besar tapi masih lebih kecil dari biaya pemeliharaan yang dibutuhkan, sehingga sebagian besar aset irigasi akan tertangani atau hanya sebagian kecil saja aset irigasi yang belum tertangani. Dan yang terakhir, untuk nilai atas (*max*) realisasi biaya pemeliharaan adalah sebesar Rp. 1,918,320,000.00 dengan kategori skenario optimis. Ini berarti bahwa pada skenario optimis ini, kemungkinan jumlah alokasi biaya pemeliharaan yang akan disediakan adalah sama dengan atau lebih besar dari biaya pemeliharaan yang dibutuhkan, sehingga seluruh aset irigasi yang rusak akan tertangani.

Berdasarkan ketiga skenario di atas, selanjutnya akan ditentukan masing-masing jumlah aset irigasi yang ditangani. Penentuan jumlah aset irigasi yang ditangani pada masing-masing skenario, akan dilakukan melalui analisis optimasi biaya pemeliharaan.

Analisis optimasi biaya pemeliharaan ini bertujuan untuk menentukan jumlah aset irigasi (saluran irigasi) yang akan ditangani pada masing-masing skenario. Disamping itu analisis ini juga bertujuan untuk menentukan seberapa besar penghematan air optimal yang dapat diperoleh dari masing-masing skenario. Dalam analisis optimasi biaya pemeliharaan ini, teknik analisis yang digunakan adalah Program Integer (*Integer Programming*). Analisis Program Integer ini merupakan tahap *Analyze* dalam tahapan Metode Six Sigma.

Semakin kecil kehilangan air dalam saluran irigasi, maka akan semakin besar nilai efisiensi irigasi dalam saluran irigasi tersebut. Oleh karena itu dalam optimasi biaya pemeliharaan, kehilangan air di saluran irigasi merupakan fungsi tujuan. Sementara itu keterbatasan biaya yang dihitung berdasarkan volume kerusakan, kebutuhan biaya pemeliharaan dan skenario alokasi biaya pemeliharaan, merupakan fungsi kendala. Dengan fungsi tujuan dan kendala tersebut akan diperoleh hasil yang optimal, yaitu jumlah saluran irigasi yang tertangani dan volume penghematan air. Adapun secara umum persamaan yang digunakan sebagai berikut.

Fungsi tujuan:

$$\text{Maksimum } Z = \sum_{n=1}^{22} Q_n X_n$$

Fungsi kendala:

$$\text{Keterbatasan Biaya: } \sum_{n=1}^{22} D_n X_n \leq A$$

$$\text{Variabel Keputusan: } X_n = 0 \text{ atau } 1; n = 1 - 22$$

$$\text{Non Negativity: } X_n \geq 0$$

Dimana :

X_n : ruas saluran irigasi

Q_n : pengaruh pemeliharaan saluran dalam mereduksi kehilangan air (L/dt)

D_n : biaya pemeliharaan saluran irigasi (Rp.) berdasarkan volume kerusakan

A : biaya yang tersedia (Rp.) berdasarkan skenario alokasi biaya pemeliharaan

Selanjutnya untuk mengetahui ruas saluran mana bisa diperbaiki serta berapa penghematan air yang bisa diperoleh dengan keterbatasan biaya pemeliharaan yang dialokasikan, digunakan aplikasi perumusan model Program Integer Biner dengan persamaan sebagai berikut.

Fungsi tujuan:

$$\begin{aligned} \text{Maksimum } Z = & 18.72X_1 + 3.77X_2 + 32.19X_3 + 36.09X_4 + \\ & 17.69X_5 + 28.44X_6 + 8.86X_7 + 61.30X_8 + 23.13X_9 + 4.38X_{10} + \\ & 1.91X_{11} + 13.88X_{12} + 0.54X_{13} + 7.48X_{14} + 0.04X_{15} + 6.81X_{16} \\ & + 16.24X_{17} + 3.29X_{18} + 24.53X_{19} + 12.78X_{20} + 15.58X_{21} + \\ & 31.04X_{22} \end{aligned}$$

Fungsi kendala:

1. Keterbatasan Biaya (Rp.):

(Skenario pesimis)

$$\begin{aligned} & 45,073,110.80X_1 + 9,078,555.65X_2 + 77,496,689.90X_3 + \\ & 86,905,811.16X_4 + 42,602,953.22X_5 + 68,466,956.19X_6 + \\ & 21,330,537.29X_7 + 147,593,078.07X_8 + 55,698,856.92X_9 + \\ & 10,552,513.21X_{10} + 18,729,025.44X_{11} + 135,977,622.35X_{12} + \\ & 5,257,270.30X_{13} + 86,346,023.18X_{14} + 397,550.07X_{15} + \\ & 87,529,911.71X_{16} + 153,397,848.41X_{17} + 32,245,727.75X_{18} + \\ & 476,672,320.24X_{19} + 8,442,798.95X_{20} + 86,577,848.59X_{21} + \\ & 226,921,002.83X_{22} \leq 439,190,200.00 \end{aligned}$$

(Skenario moderat)

$$\begin{aligned} & 45,073,110.80X_1 + 9,078,555.65X_2 + 77,496,689.90X_3 + \\ & 86,905,811.16X_4 + 42,602,953.22X_5 + 68,466,956.19X_6 + \\ & 21,330,537.29X_7 + 147,593,078.07X_8 + 55,698,856.92X_9 + \\ & 10,552,513.21X_{10} + 18,729,025.44X_{11} + 135,977,622.35X_{12} + \\ & 5,257,270.30X_{13} + 86,346,023.18X_{14} + 397,550.07X_{15} + \\ & 87,529,911.71X_{16} + 153,397,848.41X_{17} + 32,245,727.75X_{18} + \\ & 476,672,320.24X_{19} + 8,442,798.95X_{20} + 86,577,848.59X_{21} + \\ & 226,921,002.83X_{22} \leq 1,169,898,053.13 \end{aligned}$$

(Skenario optimis)

$$\begin{aligned} & 45,073,110.80X_1 + 9,078,555.65X_2 + 77,496,689.90X_3 + \\ & 86,905,811.16X_4 + 42,602,953.22X_5 + 68,466,956.19X_6 + \\ & 21,330,537.29X_7 + 147,593,078.07X_8 + 55,698,856.92X_9 + \end{aligned}$$

$$10,552,513.21X_{10} + 18,729,025.44X_{11} + 135,977,622.35X_{12} + 5,257,270.30X_{13} + 86,346,023.18X_{14} + 397,550.07X_{15} + 87,529,911.71X_{16} + 153,397,848.41X_{17} + 32,245,727.75X_{18} + 476,672,320.24X_{19} + 8,442,798.95X_{20} + 86,577,848.59X_{21} + 226,921,002.83X_{22} \leq 1,918,320,000.00$$

2. Variabel Keputusan: $X_n = 0$ atau 1 ; $n = 1 - 22$
3. Non Negativity: $X_n \geq 0$

Setelah persamaan selesai dirumuskan, selanjutnya dilakukan perhitungan. Adapun hasil perhitungannya adalah sebagai berikut.

Tabel 4.7 Optimasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi Berdasarkan Skenario Alokasi Biaya Pemeliharaan

No.	Skenario	Alokasi Biaya Pemeliharaan	Banyaknya Saluran Irigasi yang Tertangani (ruas)	Penghematan Air (L/dt)	Potensi Luas Sawah yang akan terairi (Ha)
1.	Pesimis	Rp. 439,190,200.00	9	191.44	159.53
2.	Moderat	Rp. 1,169,898,053.13	18	321.56	385.87
3.	Optimis	Rp. 1,918,320,000.00	22	368.68	442.42

Sumber: Hasil analisis, 2017

Berdasarkan tabel di atas, skenario pesimis dimana alokasi biaya sebesar Rp. 439,190,200.00, akan mampu memperbaiki saluran irigasi sejumlah 9 ruas dan menghasilkan penghematan air sebesar 191.44 L/dt. Dengan menggunakan asumsi kebutuhan air tanaman sebesar 1.20 L/dt/ha, maka penghematan air sebesar 191.44 L/dt tersebut ekuivalen dengan 159.53 Ha lahan sawah. Sedangkan pemeliharaan aset irigasi dengan skenario moderat dimana alokasi biaya sebesar Rp. 1,169,898,053.13, akan mampu memperbaiki saluran irigasi sejumlah 18 ruas dan penghematan air sebesar 321.56 L/dt atau ekuivalen dengan 385.87 Ha lahan sawah. Untuk pemeliharaan aset irigasi dengan skenario optimis dimana alokasi biaya sebesar Rp. 1,918,320,000.00, akan mampu memperbaiki seluruh saluran

irigasi atau sejumlah 22 ruas dan penghematan air sebesar 368.68 L/dt atau ekuivalen dengan 442.42 Ha lahan sawah. Adapun secara rinci ruas-ruas saluran irigasi yang tertangani pada masing-masing skenario dapat dilihat pada **Lampiran F**.

4.5. Analisa penentuan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi

Berdasarkan metode Six Sigma, agar implementasi peningkatan proses (*process improvement*) dapat berjalan efektif dan efisien, maka diperlukan rencana tindak dan kontrol yang baik. Oleh karena itu agar upaya mereduksi kehilangan air guna meningkatkan efisiensi irigasi dapat berjalan efektif dan efisien, maka diperlukan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi. Rencana tindak ini disusun dan diimplementasikan berdasarkan metode 5W2H. Rencana tindak ini merupakan bagian tahap *Improve* dalam tahapan metode Six Sigma. Adapun secara rinci rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi dapat diuraikan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.8 Rencana Tindak Peningkatan Efisiensi Irigasi

Jenis	5W2H	Deskripsi
Lokasi	Where	a. 9 ruas saluran irigasi untuk skenario pesismis b. 18 ruas saluran irigasi untuk skenario moderat c. 22 ruas saluran irigasi untuk skenario optimis (Lampiran F)
Tujuan	What	<i>Preventive maintenance:</i> – Menetapkan garis sempadan saluran sesuai ketentuan dan peraturan yang berlaku. – Memasang papan larangan tentang penggarapan tanah dan mendirikan bangunan di dalam garis sempadan saluran. – Petugas pengelola irigasi harus mengontrol patok-patok batas tanah pengairan supaya tidak dipindahkan oleh

Jenis	5W2H	Deskripsi
		<p>masyarakat.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Memasang papan larangan untuk kendaraan yang melintas jalan inspeksi yang melebihi kelas jalan. – Melarang mendirikan bangunan dan/atau menanam pohon di tanggul saluran irigasi. – Meningkatkan kesadaran petani dan masyarakat dalam menjaga dan memelihara saluran irigasi, misalnya dengan penyuluhan atau penerapan sanksi yang lebih tegas. – Membuat bangunan pengaman ditempat-tempat yang berbahaya, misalnya disekitar bangunan utama, siphon, ruas saluran yang tebingnya curam, daerah padat penduduk dan lain sebagainya. – Pemasangan penghalang di jalan inspeksi dan tanggul-tanggul saluran berupa portal atau patok. – Menutup lubang-lubang bocoran kecil di saluran/bangunan. – Perbaiki kecil pada pasangan, misalnya plesteran yang retak atau beberapa batu muka yang lepas. – Petugas pengelola irigasi harus mengontrol pintu-pintu air untuk memastikan bahwa pintu-pintu tersebut berfungsi dengan baik pada saat pengoperasian. – Memberikan minyak pelumas pada bagian pintu. – Membersihkan bangunan dan saluran dari sampah dan kotoran. – Membersihkan saluran dan bangunan dari tanaman liar dan semak-semak. – Memberantas hama tikus. – Memelihara tanaman lindung disekitar bangunan dan di tepi luar tanggul saluran.

Jenis	5W2H	Deskripsi
		<p><i>Corrective maintenance:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Perbaikan saluran. – Perbaikan jalan inspeksi. – Dinding dan dasar saluran di-<i>lining</i>, baik dengan pasangan batu atau beton. – Pemanfaatan material dengan kualitas baik / memenuhi standar. – Pemanfaatan teknologi material kedap air. – Penggunaan komposisi material yang tepat. – Pembuangan endapan lumpur dibangunan ukur. – Pembuangan lumpur di bangunan dan saluran. – Perbaikan pintu-pintu dan scot balok. – Penggantian pintu. <p><i>Breakdown maintenance:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Perbaikan darurat. – Pemanfaatan saluran irigasi tertutup, seperti pipa, gorong-gorong atau box culvert.
Alasan	Why	<p><i>Preventive maintenance, corrective maintenance</i> dan <i>breakdown maintenance</i> dilakukan untuk mengurangi/mereduksi kehilangan air pada saluran irigasi, sehingga pada akhirnya akan dapat meningkatkan efisiensi irigasi.</p>
Waktu	When	<p>✓ Kegiatan pemeliharaan/ perbaikan kerusakan dilaksanakan simultan pada 1 (satu) tahun anggaran</p>
Orang	Who	<p>✓ Dinas PU Bina Marga dan Pengairan</p> <p>✓ Penyedia Jasa Konsultansi</p> <p>✓ Penyedia Jasa Kontruksi</p>

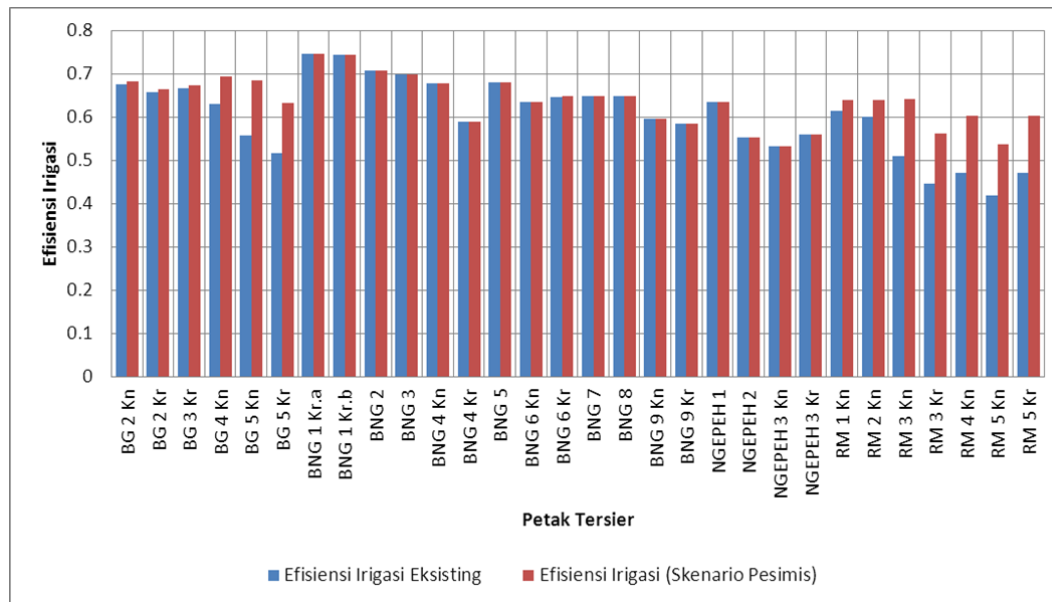
Jenis	5W2H	Deskripsi
Metode	How	<p>Rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi diimplementasikan dengan metode sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memilih skenario peningkatan efisiensi irigasi (pesimis, moderat atau optimis) berdasarkan pada ketersediaan biaya pemeliharaan. 2. Setelah skenario terpilih, selanjutnya menetapkan jumlah saluran irigasi yang akan ditangani/diperbaiki dan berapa besar biaya pemeliharaan yang dialokasikan. 3. Eksekusi tindakan <i>preventive maintenance</i>, <i>corrective maintenance</i> dan <i>breakdown maintenance</i> secara selektif dan simultan. 4. Mengendalikan tindakan peningkatan dengan memanfaatkan analisis kapabilitas peningkatan efisiensi irigasi.
Biaya	How much	<ol style="list-style-type: none"> a. Rp. 439,190,200.00 untuk skenario pesimis b. Rp. 1,169,898,053.13 untuk skenario moderat c. Rp. 1,918,320,000.00 untuk skenario optimis

Sumber: Hasil analisis, 2017

Disamping penyusunan rencana tindak, agar implementasi peningkatan proses (*process improvement*) dapat berjalan sesuai rencana, maka diperlukan kontrol atau pengendalian. Oleh karena itu, dalam upaya mereduksi kehilangan air guna meningkatkan efisiensi irigasi, secara teknis kontrol atau pengendalian yang digunakan adalah analisis kapabilitas efisiensi irigasi.

Berdasarkan analisis optimasi biaya pemeliharaan dan rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi di atas telah diketahui bahwa pada skenario pesimis, jumlah saluran irigasi yang tertangani sebanyak 9 (sembilan) ruas. Sehingga kehilangan air pada sembilan ruas tersebut dapat direduksi. Dan pada akhirnya efisiensi irigasi pada sembilan ruas tersebut dapat meningkat. Untuk mengetahui

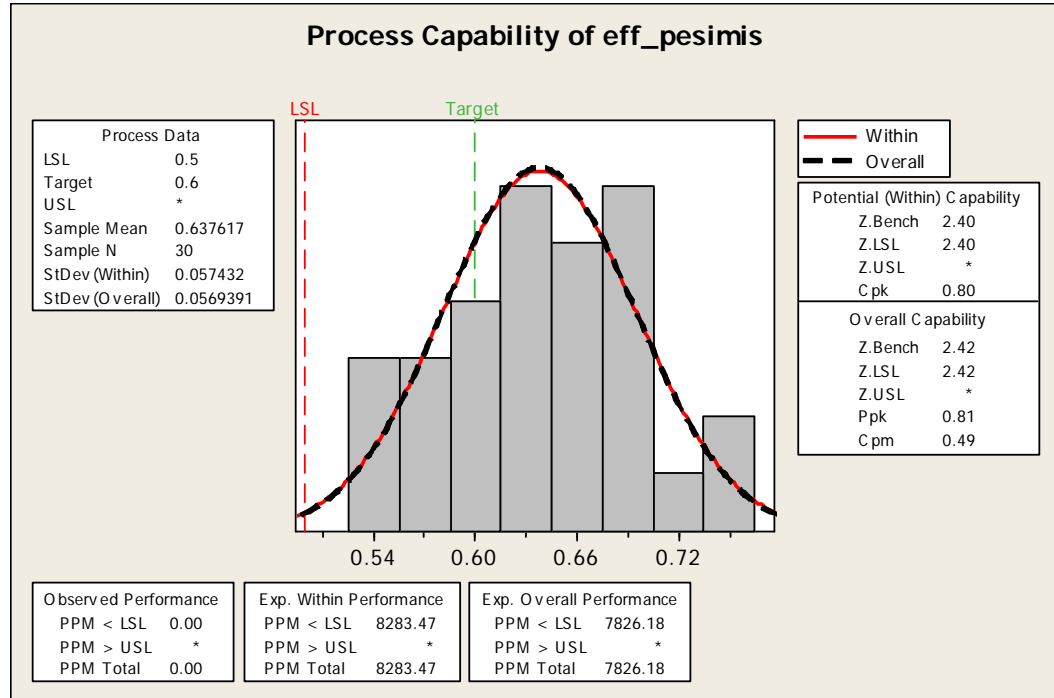
ralebih rinci saluran irigasi mana saja yang tertangani pada skenario ini dapat dilihat pada **Lampiran F**. Adapun peningkatan efisiensi irigasi per petak tersier sebagai dampak perbaikan sembilan ruas tersebut dapat dilihat pada diagram di bawah ini.



Gambar 4.10 Efisiensi irigasi untuk skenario pesimis (Hasil analisis, 2017)

Gambar di atas menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi irigasi hanya terjadi pada 1 (satu) daerah irigasi saja, yaitu DI. Bagong. Seluruh petak tersier, baik yang berada pada Saluran Bagong maupun Saluran Redimenggalan, mengalami peningkatan efisiensi irigasi. Sementara itu petak tersier dari daerah irigasi lain belum mengalami peningkatan.

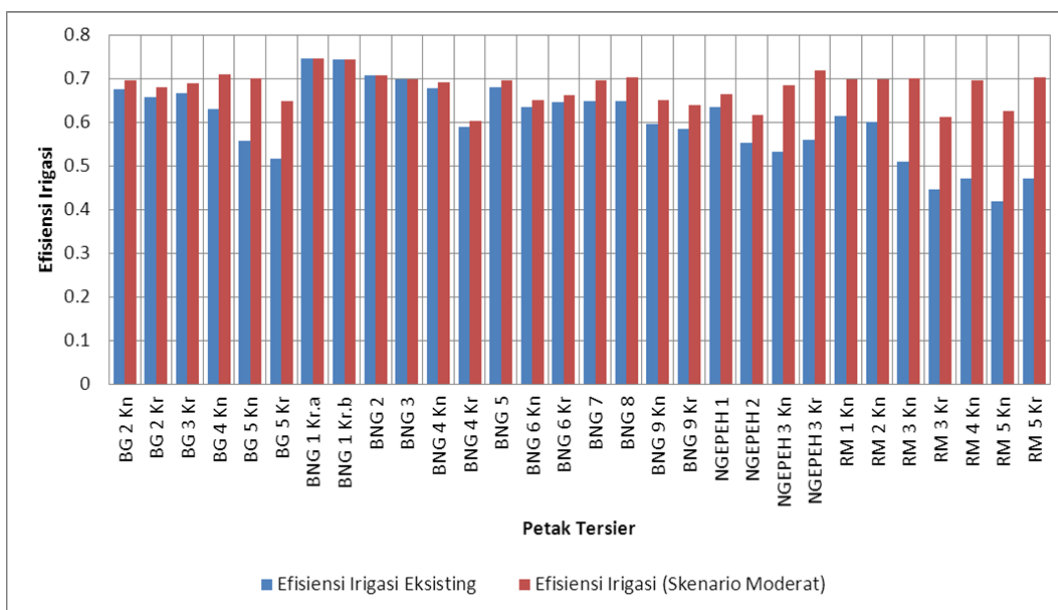
Setelah nilai efisiensi irigasi pasca optimasi dapat diketahui, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kapabilitas ulang, untuk mengetahui indeks kapabilitas pasca optimasi. Adapaun hasil dari analisis kapabilitas ulang dapat diuraikan sebagai berikut.



Gambar 4.11 Output analisis kapabilitas efisiensi irigasi untuk skenario pesimis (Hasil analisis, 2017)

Output di atas menunjukkan bahwa *Sample Mean* (rata-rata) efisiensi irigasi untuk skenario pesimis adalah sebesar 0.64 atau meningkat sekitar 0.04 dari rata-rata efisiensi irigasi eksisting (0.60). Ini menunjukkan bahwa efisiensi irigasi telah mengalami peningkatan. Pada bagian overall capability, nilai Ppk atau indeks kapabilitas efisiensi irigasi sebesar 0.81, meningkat sekitar 0.41 dari indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting (0.40). Ini menunjukkan bahwa beberapa petak tersier telah meningkat efisiensi irigasinya, akan tetapi peningkatan ini hanya mampu menggeser nilai efisiensi irigasi sedikit lebih jauh dari nilai batas bawah 0.5. Meskipun demikian, pada *Observed Performance* dapat dilihat bahwa nilai PPM Total adalah 0 (nol), ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi irigasi di seluruh petak tersier telah memenuhi spesifikasi (0.5 – 0.6). Sementara itu nilai Sigma (Z.Bench) sebesar 2.42, ini menunjukkan bahwa efisiensi irigasi dapat ditingkatkan lagi.

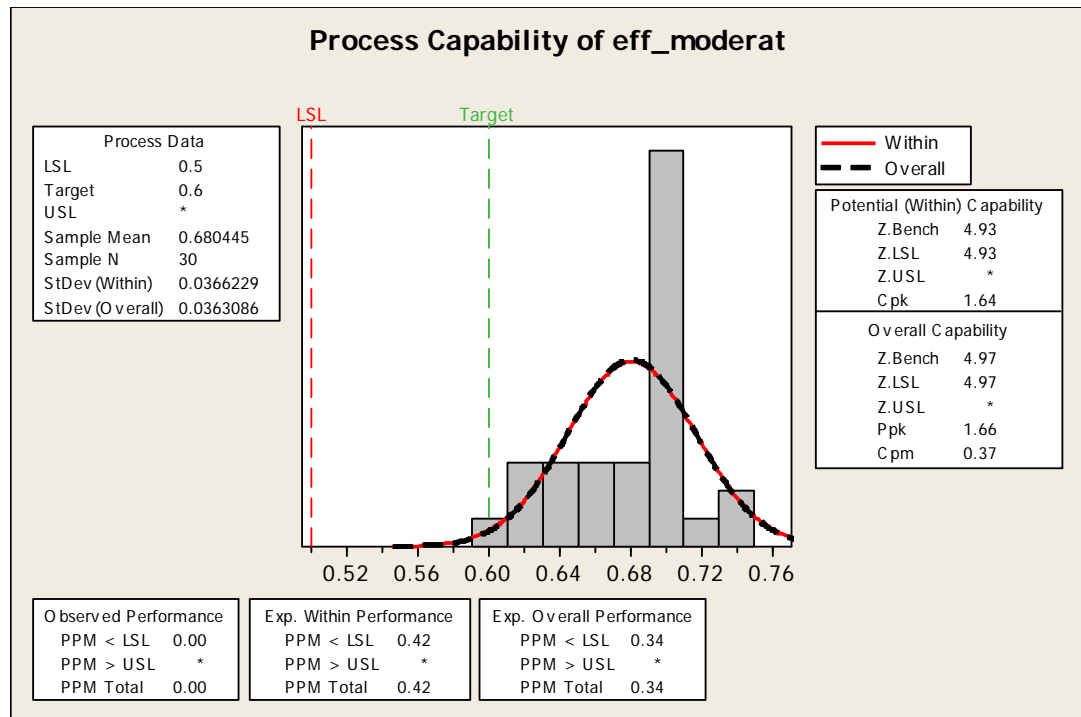
Selanjutnya pada skenario moderat, jumlah saluran irigasi yang tertangani sebanyak 18 (delapan belas) ruas. Sehingga kehilangan air pada delapan belas ruas tersebut dapat direduksi. Dan pada akhirnya efisiensi irigasi pada delapan belas ruas tersebut dapat meningkat. Untuk mengetahui lebih rinci saluran irigasi mana saja yang tertangani pada skenario ini dapat dilihat pada **Lampiran F**. Adapun peningkatan efisiensi irigasi per petak tersier sebagai dampak perbaikan delapan belas ruas tersebut dapat dilihat pada diagram di bawah ini.



Gambar 4.12 Efisiensi irigasi untuk skenario moderat (Hasil analisis, 2017)

Gambar di atas menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi irigasi hampir terjadi pada seluruh daerah irigasi, kecuali beberapa petak tersier di DI. Nglongah. Petak tersier yang berada pada DI. Bagong dan DI. Ngepeh, mengalami peningkatan efisiensi irigasi secara drastis. Sementara itu petak tersier DI. Nglongah mengalami peningkatan efisiensi irigasi yang relatif kecil.

Setelah nilai efisiensi irigasi pasca optimasi dapat diketahui, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kapabilitas ulang, untuk mengetahui indeks kapabilitas pasca optimasi. Adapun hasil dari analisis kapabilitas ulang dapat diuraikan sebagai berikut.

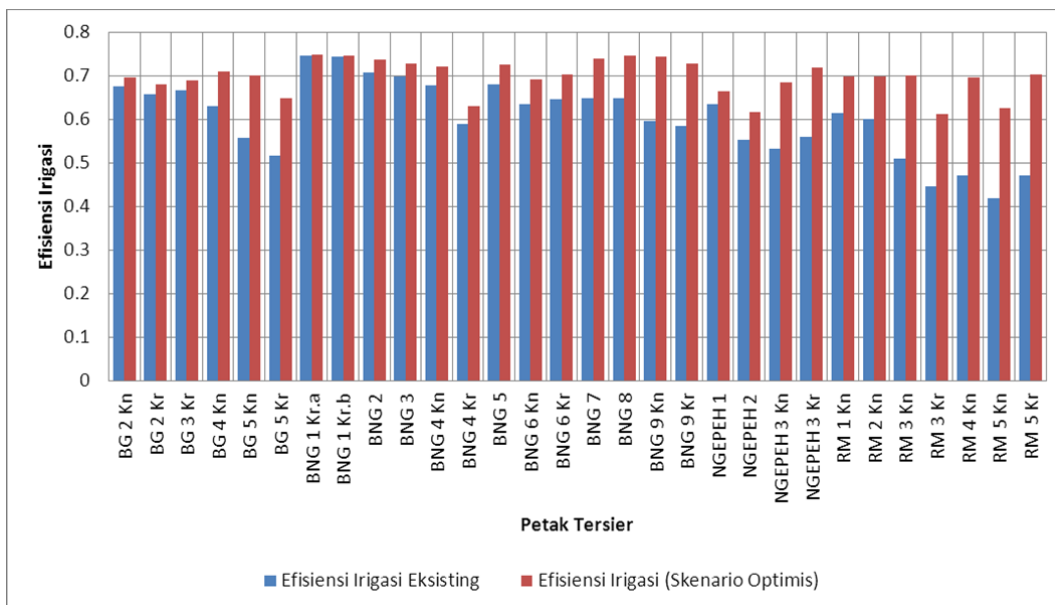


Gambar 4.13 Output analisis kapabilitas efisiensi irigasi untuk skenario moderat (Hasil analisis, 2017)

Output di atas menunjukkan bahwa *Sample Mean* (rata-rata) efisiensi irigasi untuk skenario pesimis adalah sebesar 0.68 atau meningkat sekitar 0.08 dari rata-rata efisiensi irigasi eksisting (0.60). Ini menunjukkan bahwa efisiensi irigasi telah mengalami peningkatan. Pada bagian *overall capability*, nilai Ppk atau indeks kapabilitas efisiensi irigasi sebesar 1.66, meningkat sekitar 1.26 dari indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting (0.40). Ini menunjukkan bahwa sebagian besar petak tersier telah meningkat efisiensi irigasinya, sehingga peningkatan ini mampu menggeser nilai efisiensi irigasi semakin jauh dari nilai batas bawah 0.5. Pada *Observed Performance* dapat dilihat bahwa nilai PPM Total adalah 0 (nol), ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi irigasi di seluruh petak tersier telah memenuhi spesifikasi (0.5 – 0.6). Sementara itu nilai Sigma

(Z.Bench) sebesar 4.97, ini menunjukkan bahwa efisiensi irigasi dapat ditingkatkan lagi pada level yang lebih tinggi.

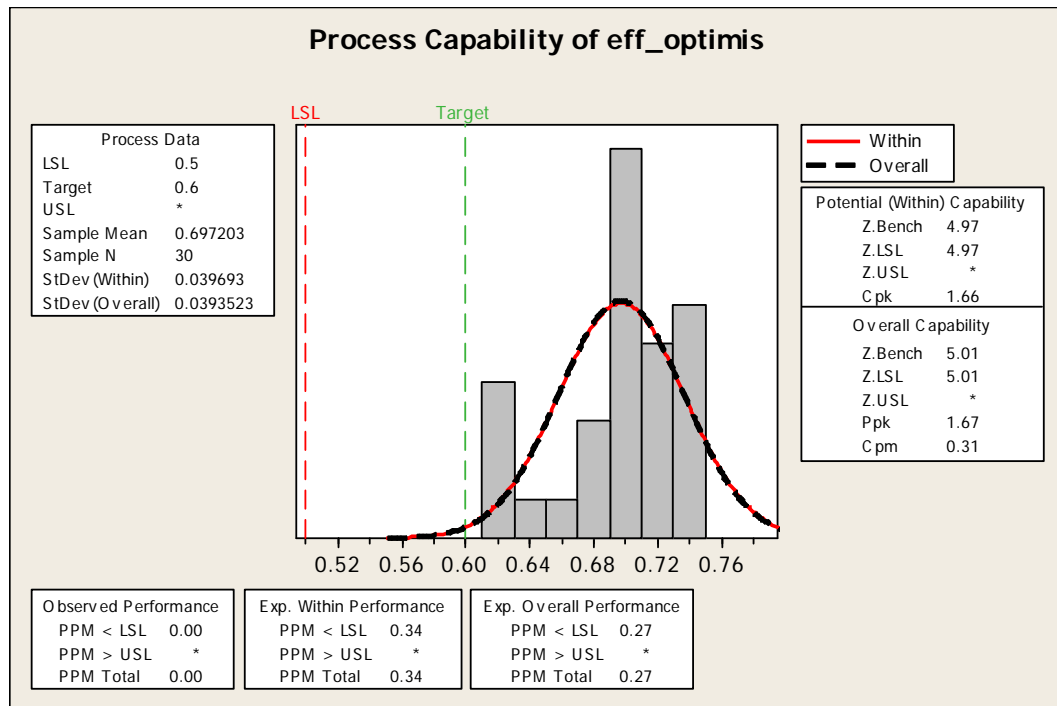
Selanjutnya pada skenario optimis, jumlah saluran irigasi yang tertangani sebanyak 22 (dua puluh dua) ruas. Sehingga kehilangan air pada dua puluh dua ruas tersebut dapat direduksi. Dan pada akhirnya efisiensi irigasi pada dua puluh dua ruas tersebut dapat meningkat. Untuk mengetahui lebih rinci saluran irigasi mana saja yang tertangani pada skenario ini dapat dilihat pada **Lampiran F**. Adapun peningkatan efisiensi irigasi per petak tersier sebagai dampak perbaikan dua puluh dua ruas tersebut dapat dilihat pada diagram di bawah ini.



Gambar 4.14 Efisiensi irigasi untuk skenario optimis (Hasil analisis, 2017)

Gambar di atas menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi irigasi terjadi di seluruh daerah irigasi, yaitu petak tersier DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh. Hampir seluruh petak tersier mengalami peningkatan efisiensi irigasi yang relatif besar. Hanya beberapa petak tersier DI. Nglongah mengalami peningkatan efisiensi irigasi yang relatif kecil.

Setelah nilai efisiensi irigasi pasca optimasi dapat diketahui, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kapabilitas ulang, untuk mengetahui indeks kapabilitas pasca optimasi. Adapun hasil dari analisis kapabilitas ulang dapat diuraikan sebagai berikut.



Gambar 4.15 Output analisis kapabilitas efisiensi irigasi untuk skenario optimis (Hasil analisis, 2017)

Output di atas menunjukkan bahwa *Sample Mean* (rata-rata) efisiensi irigasi untuk skenario pesimis adalah sebesar 0.70 atau meningkat sekitar 0.10 dari rata-rata efisiensi irigasi eksisting (0.60). Ini menunjukkan bahwa efisiensi irigasi telah mengalami peningkatan yang signifikan. Pada bagian *overall capability*, nilai Ppk atau indeks kapabilitas efisiensi irigasi sebesar 1.67, meningkat sekitar 1.27 dari indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting (0.40). Ini menunjukkan bahwa seluruh petak tersier telah meningkat efisiensi irigasinya, sehingga peningkatan ini mampu menggeser nilai efisiensi irigasi semakin jauh dari nilai batas bawah 0.5. Pada *Observed Performance* dapat dilihat bahwa nilai

PPM Total adalah 0 (nol), ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi irigasi di seluruh petak tersier telah memenuhi spesifikasi (0.5 – 0.6). Sementara itu nilai Sigma (*Z.Bench*) sebesar 5.01, ini menunjukkan bahwa efisiensi irigasi dapat ditingkatkan lagi pada level yang lebih tinggi.

Berdasarkan analisis yang telah diuraikan di atas, maka dapat disimpulkan secara ringkas indeks kapabilitas proses dan Sigma level sesuai dengan skenario alokasi biaya pemeliharaan, sebagaimana tabel di bawah ini.

Tabel 4.9 Indeks Kapabilitas Proses (Ppk) dan *Sigma Capability* Berdasarkan Skenario Alokasi Biaya Pemeliharaan

No.	Skenario	Indeks Kapabilitas Proses (Ppk)	<i>Sigma Capability</i> (<i>Z.Bench Overall</i> + 1.5)	<i>Defects Per Million Opportunities (DPMO)</i>
1.	Pesimis	0.81	3.92 σ	7826.18
2.	Moderat	1.66	6.47 σ	0.34
3.	Optimis	1.67	6.51 σ	0.27

Sumber: Hasil analisa, 2017

Tabel di atas menunjukkan bahwa dengan alokasi biaya pemeliharaan skenario pesimis *Sigma Capability* yang dicapai adalah 3.92 σ , dengan DPMO 7826.18. Sementara itu alokasi biaya pemeliharaan dengan skenario moderat dan optimis mampu melampaui level 6 σ , yaitu masing-masing *Sigma Capability*-nya 6.47 σ dengan DPMO 0.34 dan 6.51 σ dengan DPMO 0.27.

Berdasarkan seluruh hasil analisis yang telah diuraikan di atas, menunjukkan bahwa penelitian tentang peningkatan efisiensi irigasi melalui pendekatan metode Six Sigma ini dapat memberikan konsep model (*conceptual model*) untuk menyeimbangkan tiga komponen utama dalam manajemen aset yaitu kinerja (*performance*), biaya (*cost*) dan risiko (*risk*). Pada penelitian ini efisiensi irigasi (*conveyance efficiency*) teridentifikasi sebagai komponen kinerja (*performance*), sedangkan kebutuhan biaya pemeliharaan saluran irigasi teridentifikasi sebagai komponen biaya (*cost*) dan untuk mode kegagalan (*failure modes*) penyebab kehilangan air irigasi teridentifikasi sebagai komponen risiko (*risk*). Proses penyeimbangan (*balancing*) antara kinerja (*performance*), biaya (*cost*) dan risiko (*risk*) dalam penelitian ini ditunjukkan dengan adanya alternatif

skenario dalam proses peningkatan efisiensi irigasi. Dimana dalam alternatif skenario tersebut, komponen biaya (*cost*) menjadi pemicu utama (*trigger*) dalam proses penyeimbangan. Semakin tinggi komponen biaya (alokasi biaya pemeliharaan) dalam skenario tersebut, maka semakin rendah komponen risikonya (risiko kehilangan air) dan semakin tinggi komponen kinerjanya (efisiensi irigasi).

Disamping mempertimbangkan kinerja (*performance*), biaya (*cost*) dan risiko (*risk*), penelitian terkait peningkatan efisiensi irigasi ini juga telah mempertimbangkan faktor keberlanjutan (*sustainability*). Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan dalam pengelolaan irigasi, peningkatan efisiensi irigasi tidak dapat dilakukan sekali saja. Proses peningkatan efisiensi irigasi harus dilakukan secara terus menerus yang mengacu pada paradigma *continuous improvement*. Dengan demikian proses penyeimbangan (*balancing*) antara kinerja (*performance*), biaya (*cost*) dan risiko (*risk*) juga harus mengacu pada paradigma *continuous improvement* ini. Oleh karena itulah dalam penelitian ini, dengan memanfaatkan indikator kinerja efisiensi irigasi (*conveyance efficiency*) yang dikonversi ke Indeks Kapabilitas Proses melalui analisis kapabilitas, dapat diketahui tolok ukur/indikator keberhasilan proses peningkatan efisiensi irigasi dari satu siklus ke siklus selanjutnya selama siklus hidup aset (*asset life cycle*), sehingga pada akhirnya *continuous improvement* dapat dilakukan.

Pada penelitian terdahulu, seperti penelitian yang dilakukan oleh Pratamawati (2011) tentang optimasi biaya pemeliharaan saluran irigasi untuk menekan kehilangan air dengan menggunakan program linear dan Sitorus (2012) tentang optimasi biaya pemeliharaan saluran irigasi untuk menekan kehilangan air dengan menggunakan program integer campuran, hanya mempertimbangkan dua komponen manajemen aset saja yaitu komponen kinerja (penghematan air) dan komponen biaya (kebutuhan biaya perbaikan). Penghematan air yang merupakan hasil optimasi biaya pemeliharaan, secara langsung tidak dapat dijadikan sebagai indikator keberhasilan dalam kinerja irigasi, sehingga hasil penelitian ini berlaku hanya untuk satu siklus saja dan tidak dapat dilakukan *continuous improvement*.

Sementara itu pada penelitian yang dilakukan oleh Ernanda (2013) tentang penilaian kondisi aset dan penentuan urutan prioritas rehabilitasi aset irigasi dengan menggunakan Analytic Hierarchical Process, menunjukkan bahwa dalam pemeliharaan aset irigasi sama sekali tidak mempertimbangkan komponen utama manajemen aset yaitu kinerja (*performance*), biaya (*cost*) dan risiko (*risk*). Faktor utama yang dipertimbangkan

dalam penelitian tersebut hanya kondisi/keberfungsian aset dan facet, sehingga paradigma *continuous improvement* tentu tidak dapat diterapkan pada penelitian ini.

Pada akhirnya dengan segala keterbatasannya, penelitian tentang peningkatan efisiensi irigasi melalui pendekatan metode Six Sigma ini berupaya untuk dapat menyempurnakan/melengkapi kekurangan-kekurangan pada penelitian sebelumnya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Nilai indeks kapabilitas efisiensi irigasi eksisting di DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek adalah 0.40 (nilai $Ppk < 1$), ini menunjukkan bahwa masih terdapat efisiensi irigasi yang cenderung mendekati batas bawah spesifikasi efisiensi irigasi yaitu 50%. Sedangkan nilai PPM Total (*Observed Performance*) adalah 133333.33, ini menunjukkan bahwa 13% petak tersier nilai efisiensi irigasinya masih di bawah batas bawah spesifikasi (< 0.5).
2. Penyebab kehilangan air irigasi berdasarkan rangking Risk Priority Number (RPN) adalah sebagai berikut.
 - a. Jebolnya tanggul saluran, dengan nilai RPN 480.
 - b. Perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran, dengan nilai RPN 144.
 - c. Rembesan di tanggul saluran, dengan nilai RPN 120.
 - d. Peluapan di atas tanggul saluran, dengan nilai RPN 105.
 - e. Lubang tikus di tanggul saluran, dengan nilai RPN 84.
 - f. Evaporasi pada muka air, dengan nilai RPN 40.
3. Pemeliharaan aset irigasi dengan skenario pesimis dimana alokasi biaya sebesar Rp. 439,190,200.00, akan mampu memperbaiki 9 ruas saluran irigasi dan penghematan air sebesar 191.44 L/dt. Sedangkan pemeliharaan aset irigasi dengan skenario moderat dimana alokasi biaya sebesar Rp. 1,169,898,053.13, akan mampu memperbaiki 18 ruas saluran irigasi dan penghematan air sebesar 321.56 L/dt. Untuk pemeliharaan aset irigasi dengan skenario optimis dimana alokasi biaya sebesar Rp. 1,918,320,000.00, akan mampu memperbaiki 22 ruas saluran irigasi dan penghematan air sebesar 368.68 L/dt.

4. Rencana tindak dan pengendalian rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi adalah sebagai berikut.

a. Lokasi:

- 9 ruas saluran irigasi untuk skenario pesismis
- 18 ruas saluran irigasi untuk skenario moderat
- 22 ruas saluran irigasi untuk skenario optimis

b. Tujuan:

(Preventive maintenance)

- Menetapkan garis sempadan saluran sesuai ketentuan dan peraturan yang berlaku.
- Memasang papan larangan tentang penggarapan tanah dan mendirikan bangunan di dalam garis sempadan saluran.
- Petugas pengelola irigasi harus mengontrol patok-patok batas tanah pengairan supaya tidak dipindahkan oleh masyarakat.
- Memasang papan larangan untuk kendaraan yang melintas jalan inspeksi yang melebihi kelas jalan.
- Melarang mendirikan bangunan dan/atau menanam pohon di tanggul saluran irigasi.
- Meningkatkan kesadaran petani dan masyarakat dalam menjaga dan memelihara saluran irigasi, misalnya dengan penyuluhan atau penerapan sanksi yang lebih tegas.
- Membuat bangunan pengaman ditempat-tempat yang berbahaya, misalnya disekitar bangunan utama, siphon, ruas saluran yang tebingnya curam, daerah padat penduduk dan lain sebagainya.
- Pemasangan penghalang di jalan inspeksi dan tanggul-tanggul saluran berupa portal atau patok.
- Menutup lubang-lubang bocoran kecil di saluran/bangunan.
- Perbaikan kecil pada pasangan, misalnya plesteran yang retak atau beberapa batu muka yang lepas.
- Petugas pengelola irigasi harus mengontrol pintu-pintu air untuk memastikan bahwa pintu-pintu tersebut berfungsi dengan baik pada saat pengoperasian.

- Memberikan minyak pelumas pada bagian pintu.
- Membersihkan bangunan dan saluran dari sampah dan kotoran.
- Membersihkan saluran dan bangunan dari tanaman liar dan semak-semak.
- Memberantas hama tikus.
- Memelihara tanaman lindung disekitar bangunan dan di tepi luar tanggul saluran.

(Corrective maintenance)

- Perbaiki saluran.
- Perbaiki jalan inspeksi.
- Dinding dan dasar saluran di-*lining*, baik dengan pasangan batu atau beton.
- Pemanfaatan material dengan kualitas baik / memenuhi standar.
- Pemanfaatan teknologi material kedap air.
- Penggunaan komposisi material yang tepat.
- Pembuangan endapan lumpur dibangunan ukur.
- Pembuangan lumpur di bangunan dan saluran.
- Perbaiki pintu-pintu dan scot balok.
- Penggantian pintu.

(Breakdown maintenance)

- Perbaiki darurat.
- Pemanfaatan saluran irigasi tertutup, seperti pipa, gorong-gorong atau box culvert.

c. Alasan:

Tindakan *preventive maintenance*, *corrective maintenance* dan *breakdown maintenance* dilakukan untuk mengurangi/mereduksi kehilangan air pada saluran irigasi, sehingga pada akhirnya akan dapat meningkatkan efisiensi irigasi.

d. Waktu:

Kegiatan perbaikan kerusakan dilaksanakan simultan pada 1 (satu) tahun anggaran.

e. Orang/Pelaksana:

- Dinas PU Bina Marga dan Pengairan
- Penyedia Jasa Konsultansi
- Penyedia Jasa Kontruksi

f. Metode:

Rencana tindak peningkatan efisiensi irigasi diimplementasikan dengan metode sebagai berikut:

- 1) Memilih skenario peningkatan efisiensi irigasi (pesimis, moderat atau optimis) berdasarkan pada ketersediaan biaya pemeliharaan.
- 2) Setelah skenario terpilih, selanjutnya menetapkan jumlah saluran irigasi yang akan ditangani/diperbaiki dan berapa besar biaya pemeliharaan yang dialokasikan.
- 3) Eksekusi tindakan preventive maintenance, corrective maintenance dan breakdown maintenance secara selektif dan simultan.
- 4) Mengendalikan tindakan peningkatan dengan memanfaatkan analisis kapabilitas peningkatan efisiensi irigasi.

g. Biaya:

- Rp. 439,190,200.00 untuk skenario pesimis
- Rp. 1,169,898,053.13 untuk skenario moderat
- Rp. 1,918,320,000.00 untuk skenario optimis

h. Pengendalian / kontrol rencana tindak:

- Skenario pesimis:
Indeks Kapabilitas Proses (Ppk) 0.81, Sigma Capability 3.92σ dan 7826.18 Defects Per Million Opportunities (DPMO).
- Skenario moderat:
Indeks Kapabilitas Proses (Ppk) 1.66, Sigma Capability 6.47σ dan 0.34 Defects Per Million Opportunities (DPMO).
- Skenario optimis:
Indeks Kapabilitas Proses (Ppk) 1.67, Sigma Capability 6.51σ dan 0.27 Defects Per Million Opportunities (DPMO).

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Pengukuran debit air sebaiknya menggunakan *current meter* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Disamping *conveyance efficiency*, analisis kapabilitas efisiensi irigasi juga dapat dikembangkan pada efisiensi pemanfaatan air di petak sawah (*water application efficiency*).
3. Dalam pengelolaan aset irigasi harus mempertimbangkan faktor produktivitas sawah dan faktor konversi lahan pertanian ke non pertanian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, Theodore T. (2006), *Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems*, Springer-Verlag, London.
- Amadi-Echendu, Joe E., et al. (2010), *Definitions, Concepts and Scope of Engineering Asset Management*, Springer-Verlag, London.
- Anonim (2014), *International Standart: ISO 55000, ISO 55001, ISO 55002 – Asset Management*, International Standart Organisation, Switzerland.
- Anonim (1986), *Ditjen Pengairan - Standar Perencanaan Irigasi: Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*, CV Galang Persada, Bandung.
- Anonim (1986), *Ditjen Pengairan - Standar Perencanaan Irigasi: Kriteria Perencanaan Bagian Saluran KP-03*, CV Galang Persada, Bandung.
- Brouwer, C. et. al. (1989), *Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling – Training Manual No. 4*, Publications Division, Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Roma.
<http://www.fao.org/docrep/t7202e/t7202e07.htm> (diakses 4 Mei 2017)
- Brown, Richard (2004), *Asset Management: Balancing Performance, Cost, and Risk*. <http://www.energycentral.net/article/04/03/asset-management-balancing-performance-cost-and-risk> (diakses 16 Maret 2016)
- Campbell, John D. Jardin, Andrew K.S. and McGlynn, Joel (2011), *Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life Cycle Decisions 2nd Edition*, Taylor and Francis Group, LLC, USA.
- Duffuaa, Salih O. et al. (2015), *Planning and Control of Maintenance Systems Modelling and Analysis - Second Edition*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Ernanda, Heru (2013), *Kajian Penilaian Kondisi dan Keberfungsiaan Komponen Aset Berbasis AHP dalam Penetapan Urutan Prioritas Pengelolaan Aset Irigasi Bendung-Kabupaten Jember*, Digital Repository, Universitas Jember, Jember.

- Gulati, Ramesh (2013), *Maintenance and Reliability Best Practices - Second Edition*, Industrial Press Inc., New York.
- Fabrycky, W.J., Thuesen, G.J. and Verma, D. (1998), *Economic Decision Analysis*, Prentice Hall International Inc.
- Hastings, Nicholas Anthony John (2015), *Physical Asset Management with an Introduction to ISO55000 Second Edition*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Hastings, Nicholas Anthony John (2010), *Physical Asset Management*, Springer-Verlag, London.
- Kaplan, R. S. and Norton, D. P. (2004), *Strategy Maps: Converting Intangible Assets into tangible outcomes*, Harvard Business School Publishing Corporation, Massachusetts.
- Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia (2007), *Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 17 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pengelolaan Barang Milik Daerah*, Kemendagri, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (2015), *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 32/PRT/M/2007 tentang Pedoman Operasi Dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi*, Kemenpupera, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (2015), *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi Dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi*, Kemenpupera, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (2015), *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 23/PRT/M/2015 tentang Pengelolaan Aset Irigasi*, Kemenpupera, Jakarta.
- Linderman K, Schroeder RG, Zaheer S, Choo AS (2003), Six Sigma: a goal theoretic perspective, *The Journal of Operations Management*, No. 21, hal 193-203.
- Mardiasmo, (2004), *Otonomi dan Manajemen Keuangan Daerah : Good Governance Democratization, Local Government Financial Management*,

- Public Policy, Reinventing Government, Accountability Probity, Value for Money, Participatory Development, Serial Otonomi Daerah*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Mitchell, J.S. and Friends (2007), *Physical Asset Management Handbook 4th Edition*, Clarison Technical Publisher, USA.
- Mobley, R. Keith; Higgins, Lindley R.; and Wikoff, Darrin J. (2008), *Maintenance Engineering Handbook*, The McGraw-Hill Companies Inc., United States of America.
- Montgomery, D. C. (2001), *Introduction to Statistical Quality Control 4th edition*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Pratamawati, Y.S. (2011), Optimalisasi Pemeliharaan Saluran Irigasi Mataram (Selokan Mataram) di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2011*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, ISBN : 978-979-18342-3-0.
- Pemerintah Republik Indonesia, (2004), *Undang Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air*.
- Pemerintah Republik Indonesia, (2005), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2005 tentang Standar Akuntansi Pemerintahan (SAP)*.
- Pemerintah Republik Indonesia, (2006a), *Peraturan Pemerintah Nomor Republik Indonesia 6 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah*.
- Pemerintah Republik Indonesia, (2006b), *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2006 tentang Perubahan Keempat atas Keputusan Presiden Nomor 80 tahun 2003 Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah*.
- Pemerintah Republik Indonesia, (2006c), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2006 tentang Irigasi*.
- Pemerintah Republik Indonesia, (2008), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air*.
- Pyzdek, Thomas (2001), *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Greenbelts, Blackbelt and Managers at all*, McGraw-Hill, New York.

- Ratna S. Alifen, Ruben S. Setiawan, Andi Sunarto (1999), Analisa “What If” Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek, *Dimensi Teknik Sipil*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Kristen Petra, Vol. 1, No. 2, hal. 103 – 113.
- Rizalihadi, Maimun (2014), Evaluasi Kinerja Irigasi Dari Aspek Konsistensi Efisiensi Irigasi Pada Daerah Irigasi Pandrah, Bireuen, Aceh, *Konferensi Nasional Teknik Sipil 8*, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Siregar, Doli D. (2004), *Manajemen Aset - Strategi Penataan Konsep Pembangunan Berkelanjutan secara Nasional dalam Konteks Kepala Daerah sebagai CEO's pada Era Globalisasi dan Otonomi Daerah*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Siringoringo, Hotniar (2005), *Seri Teknik Riset Operasional - Pemrograman Linear*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sitorus, Unggul (2012), Optimasi Pemeliharaan Saluran dan Bangunan untuk Mengurangi Kehilangan Air di Daerah Irigasi Parmaldoan Kabupaten Tapanuli Tengah, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, ISSN 2301-6752.
- Teguh S., Anas (2015), *Statistical Quality Control (Bagian 5): Kapabilitas Proses*. <http://menrvalab.com/statistical-quality-control-bagian-5-kapabilitas-proses/> (diakses 24 April 2017)
- Too, E. G. & Tay, L. (2008), *Infrastructure Asset Management (IAM): Evolution and Evaluation*. In Haigh, R. & Amaratunga, D. (Eds.) *CIB International Conference on Building Education and Research*, Heritance Kandalama, Sri Lanka.
- Trihendradi, Cornelius (2006), *Statistik Six Sigma dengan Minitab: Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Woodhouse, J. (2003), Asset Management: Latest thinking, *ICAMM 2003 – International Conference on Asset and Maintenance Management*, University of Pretoria, South Afrika.

LAMPIRAN – A

Form Survey Efisiensi Irigasi

FORM SURVEY EFISIENSI IRIGASI

Daerah Irigasi (DI) : BAGONG
L1 = 10 m ; L2 = 10 m

No.	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Letak	h1	h2	t1	t2
1	Saluran Primer	R.BG.1	Bendung Bagong- B.BG.1	0.80	0.72	45	40
2	Saluran sekunder	R.BG.2	B.BG.1 - B.BG.2	0.64	0.58	87	88
3	Saluran sekunder	R.BG.3	B.BG.2 - B.BG.2.1	1.20	1.08	780	690
4	Saluran sekunder	R.BG.4	B.BG.2 - B.BG.3	0.64	0.58	125	112
5	Saluran sekunder	R.BG.5	B.BG.3 - B.BG.4	1.04	0.94	145	148
6	Saluran sekunder	R.BG.6	B.BG.4 - B.BG.5	0.72	0.65	96	104
7	Saluran sekunder	R.RM.1	B.BG.1 - B.RM.1f	0.64	0.58	50	46
8	Saluran sekunder	R.RM.2	B.RM.1f - B.RM.1	0.64	0.58	52	50
9	Saluran sekunder	R.RM.3	B.RM.1 - B.RM.2	1.36	1.22	190	169
10	Saluran sekunder	R.RM.4	B.RM.2 - B.RM.3	0.72	0.65	60	67
11	Saluran sekunder	R.RM.5	B.RM.3 - B.RM.4	0.72	0.65	84	86
12	Saluran sekunder	R.RM.6	B.RM.4 - B.RM.5	0.56	0.50	80	74
13	Saluran Tersier	R.BG.3.1	B.BG.2 - B.BG.2.1	0.40	0.36	67	83
14	Saluran Tersier	R.BG.3.2	B.BG.2 - B.BG.2.1	0.40	0.36	120	152
15	Saluran Tersier	R.BG.4.1	B.BG.2 - B.BG.3	0.40	0.36	65	8
16	Saluran Tersier	R.BG.5.1	B.BG.3 - B.BG.4	0.40	0.36	162	107
17	Saluran Tersier	R.BG.6.1	B.BG.4 - B.BG.5	0.40	0.36	47	58
18	Saluran Tersier	R.BG.6.2	B.BG.4 - B.BG.5	0.40	0.36	46	62
19	Saluran Tersier	R.RM.2.1	B.RM.1f - B.RM.1	0.40	0.36	47	58
20	Saluran Tersier	R.RM.3.1	B.RM.1 - B.RM.2	0.40	0.36	95	117
21	Saluran Tersier	R.RM.4.1	B.RM.2 - B.RM.3	0.40	0.36	1.515	2.128
22	Saluran Tersier	R.RM.4.2	B.RM.2 - B.RM.3	0.40	0.36	78	96
23	Saluran Tersier	R.RM.5.1	B.RM.3 - B.RM.4	0.40	0.36	111	137
24	Saluran Tersier	R.RM.6.1	B.RM.4 - B.RM.5	0.40	0.36	46	57
25	Saluran Tersier	R.RM.6.2	B.RM.4 - B.RM.5	0.40	0.36	95	130

Keterangan :

L1 : panjang lintasan hulu (meter)
L2 : panjang lintasan hilir (meter)
h1 : tinggi muka air hulu (meter)
h2 : tinggi muka air hilir (meter)

t1 : waktu tempuh hulu (detik)
t2 : waktu tempuh hilir (detik)

FORM SURVEY EFISIENSI IRIGASI

Daerah Irigasi (DI) : NGEPEH

L1 = 10 m ; L2 = 10 m

No.	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Letak	h1	h2	t1	t2
1	Saluran Primer	Sal.Primer Ngepeh	Bendung Ngepeh - BNG 1	1.50	1.43	226	221
2	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 1	BNG 1 - BNG 2	1.00	0.95	161	161
3	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 2	BNG 2 - BNG 3	1.00	0.95	263	311
4	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 1	Bendung Ngepeh - BNG 1	0.50	0.48	166	236
5	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 2	BNG 1 - BNG 2	0.50	0.48	77	118
6	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 3	BNG 2 - BNG 3	0.50	0.48	126	173
7	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 4	BNG 2 - BNG 3	0.50	0.48	88	115

Keterangan :

L1 : panjang lintasan hulu (meter)

L2 : panjang lintasan hilir (meter)

h1 : tinggi muka air hulu (meter)

h2 : tinggi muka air hilir (meter)

t1 : waktu tempuh hulu (detik)

t2 : waktu tempuh hilir (detik)

FORM SURVEY EFISIENSI IRIGASI

Daerah Irigasi (DI) : NGLONGAH
 L1 = 10 m ; L2 = 10 m

No	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Letak	h1	h2	t1	t2
1	Saluran Primer	Sal. Pri Nglongah	Bendung Nglongah - BNG 1	1.50	1.43	73	69
2	Saluran Sekunder	Sal. Sek Nglongah 1	BNG 1 - BNG 2	1.50	1.43	128	127
3	Saluran Sekunder	Sal. Sek Nglongah 2	BNG 2 - BNG 3	1.50	1.43	66	55
4	Saluran Sekunder	Sal. Sek Nglongah 3	BNG 3 - BNG 4	1.50	1.43	101	99
5	Saluran Sekunder	Sal. Sek Nglongah 4	BNG 4 - BNG 5	1.20	1.14	86	82
6	Saluran Sekunder	Sal. Sek Nglongah 5	BNG 5 - BNG 6	1.20	1.14	94	92
7	Saluran Sekunder	Sal. Sek Nglongah 6	BNG 6 - BNG 7	1.20	1.14	125	135
8	Saluran Sekunder	Sal. Sek Nglongah 7	BNG 7 - BNG 8	1.20	1.14	173	163
9	Saluran Sekunder	Sal. Sek Nglongah 8	BNG 8 - BNG 9	1.20	1.14	289	399
10	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 1	Bendung Nglongah - BNG 1	0.30	0.29	32	41
11	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 2	Bendung Nglongah - BNG 1	0.30	0.29	21	26
12	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 3	BNG 1 - BNG 2	0.30	0.29	34	43
13	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 4	BNG 2 - BNG 3	0.30	0.29	129	165
14	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 5	BNG 3 - BNG 4	0.30	0.29	1230	1913
15	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 6	BNG 3 - BNG 4	0.30	0.29	323	417
16	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 7	BNG 4 - BNG 5	0.30	0.29	96	123
17	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 8	BNG 5 - BNG 6	0.30	0.29	323	436
18	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 9	BNG 5 - BNG 6	0.30	0.29	107	555
19	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 10	BNG 6 - BNG 7	0.30	0.29	68	86
20	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 11	BNG 7 - BNG 8	0.30	0.29	33	41
21	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 12	BNG 8 - BNG 9	0.30	0.29	49	61
22	Saluran Tersier	Sal. Ter Nglongah 13	BNG 8 - BNG 9	0.30	0.29	63	81

Keterangan :

L1 : panjang lintasan hulu (meter)
 L2 : panjang lintasan hilir (meter)
 h1 : tinggi muka air hulu (meter)
 h2 : tinggi muka air hilir (meter)

t1 : waktu tempuh hulu (detik)
 t2 : waktu tempuh hilir (detik)

LAMPIRAN – B

Kuisiener FMEA



KUISIONER

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

KEHILANGAN AIR DI SALURAN IRIGASI

Dengan hormat, saya Rangga Kusuma Saputro saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai Peningkatan Efisiensi Irigasi – Studi Kasus: DI. Bagong, DI. Nglongah dan DI. Ngepeh Kabupaten Trenggalek. Penelitian ini merupakan tugas akhir / tesis di Program Magister Bidang Keahlian Manajemen Aset Infrastruktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penelitian ini, saya menggunakan beberapa teknik analisis, salah satunya FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk/jasa/aset yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk/jasa/aset tersebut. Dalam kuisisioner ini, FMEA diaplikasikan pada kasus kehilangan air di saluran irigasi. Sehingga tujuan utama penyusunan kuisisioner ini adalah untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kehilangan air di saluran irigasi.

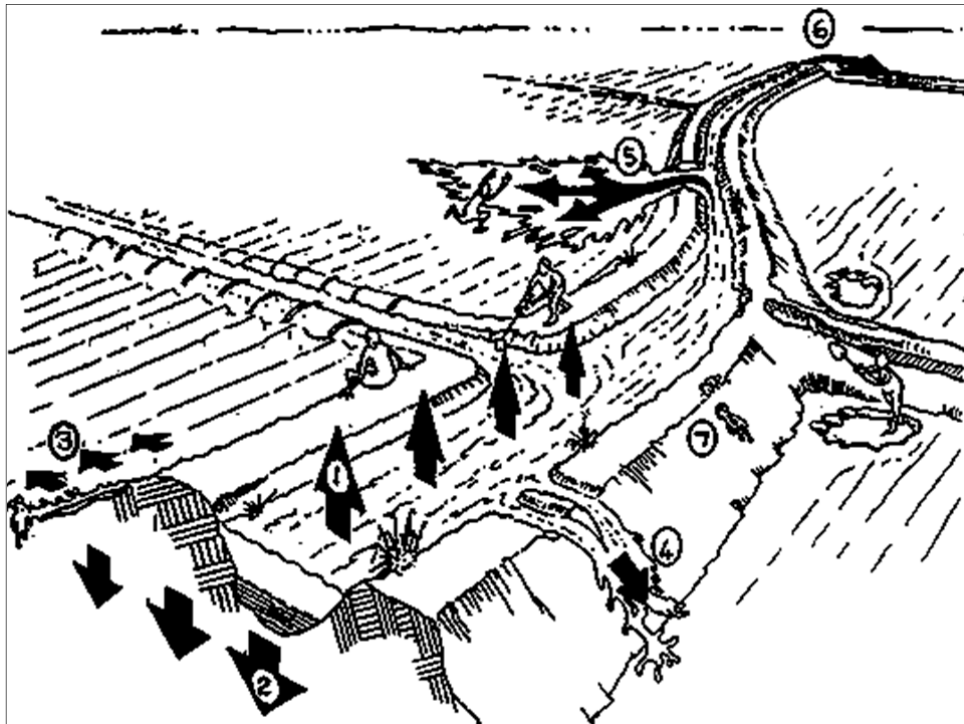
Untuk menunjang analisis sebagaimana yang telah diuraikan di atas, saya memerlukan data dan pendapat profesional (*expert opinion*) dari Bapak/Ibu. Data dan pendapat profesional (*expert opinion*) ini dibutuhkan semata-mata untuk kepentingan penelitian, dan saya sanggup menjaga kerahasiaan setiap data atau pendapat yang diberikan. Mohon kiranya kuisisioner ini diisi sesuai dengan keadaan sebenarnya. Atas kerjasama Bapak/Ibu, saya sampaikan terima kasih.

Petunjuk umum pengisian kuisioner!

- ✓ Pilih jawaban untuk pertanyaan-pertanyaan berupa pilihan dengan cara memberi tanda cek (√) pada kotak yang telah disediakan.
- ✓ Lingkari salah satu angka dalam kotak yang telah disediakan berdasarkan pendapat Bapak/Ibu/Saudara.
- ✓ Untuk pertanyaan yang berupa isian mohon dijawab dengan singkat dan jelas sesuai pendapat Bapak/Ibu/Saudara

Petunjuk khusus!

- ✓ Berdasarkan kajian literatur (Brouwer et. al., 1989), kehilangan air irigasi yang terjadi di saluran disebabkan oleh:
 1. Evaporasi pada muka air
 2. Perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran
 3. Rembesan di tanggul saluran
 4. Peluapan di atas tanggul saluran
 5. Jebolnya tanggul saluran
 6. Limpasan di saluran pembuang/drainase
 7. Lubang tikus di tanggul saluran
- Adapun ilustrasinya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



- ✓ Untuk mempermudah dalam pengisian kuisioner, khususnya pertanyaan pada bagian B, C dan D, dapat dipergunakan tabel di bawah ini.

Nilai	Severity	Occurance	Detection
1	Jika masalah tidak berpengaruh (minor).	Jika masalahnya hampir tidak pernah terjadi	Jika masalahnya pasti dapat cepat-cepat diatasi (very high).
2	Jika masalahnya sedikit berpengaruh dan tidak terlalu kritis (low).		
3		Jika masalahnya sangat jarang terjadi, relatif sedikit (low).	Jika masalahnya kemungkinan besar dapat diatasi (high).
4	Jika masalahnya ada kemungkinan untuk dapat diatasi (moderate).		
5			
6			
7	Jika masalahnya sangat berpengaruh dan kritis (high).	Jika masalahnya kadang-kadang terjadi (moderate).	Jika masalahnya kemungkinannya kecil untuk dapat diatasi (low).
8		Jika masalahnya sering terjadi (high).	
9	Jika masalahnya benar-benar berpengaruh, sangat merugikan dan sangat kritis (very high).	Jika masalahnya sulit untuk dihindari (very high).	Jika masalahnya mungkin tidak dapat diatasi (very low).
10			Jika masalahnya tidak dapat diatasi (none).

A. Identitas responden

1. Jenis kelamin :

☒

Laki-laki

☐

Perempuan

2. Tingkat pendidikan :

☐

S-3

☐

S-2

☒

S-1/Diploma

☐

SMA/ sederajat

☐

SMP/ sederajat

3. Unit satuan kerja :

DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG
KABUPATEN TRENGGALEK

4. Golongan :

☐

Golongan IV

☒

Golongan III

☐

Golongan II

☐

Golongan I

5. Pangkat :

☐

Eselon II

☐

Eselon III

☒

Eselon IV

☐

Non Eselon

6. Jabatan :

KASI OPERASI DAN PEMELIHARAAN IRRIGASI

B. Frekuensi kejadian (Occurance)

Seberapa seringkah frekuensi kejadian evaporasi pada muka air?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak pernah terjadi

Sering terjadi

Seberapa seringkah frekuensi kejadian perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak pernah terjadi

Sering terjadi

Seberapa seringkah frekuensi kejadian rembesan di tanggul saluran?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak pernah terjadi

Sering terjadi

4. Seberapa seringkah frekuensi kejadian peluapan di atas tanggul saluran?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak pernah terjadi Sering terjadi

5. Seberapa seringkah frekuensi kejadian tanggul saluran yang jebol?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak pernah terjadi Sering terjadi

6. Seberapa seringkah frekuensi kejadian lubang tikus di tanggul saluran?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak pernah terjadi Sering terjadi

C. Besarnya pengaruh efek (Severity)

1. Seberapa besarkah pengaruh efek evaporasi pada muka air terhadap kehilangan air?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak berpengaruh Sangat merugikan

2. Seberapa besarkah pengaruh efek perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran terhadap kehilangan air?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak berpengaruh Sangat merugikan

3. Seberapa besarkah pengaruh efek rembesan di tanggul saluran terhadap kehilangan air?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak berpengaruh Sangat merugikan

4. Seberapa besarkah pengaruh efek peluapan di atas tanggul saluran terhadap kehilangan air?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak berpengaruh Sangat merugikan

5. Seberapa besarkah pengaruh efek tanggul saluran yang jebol terhadap kehilangan air?

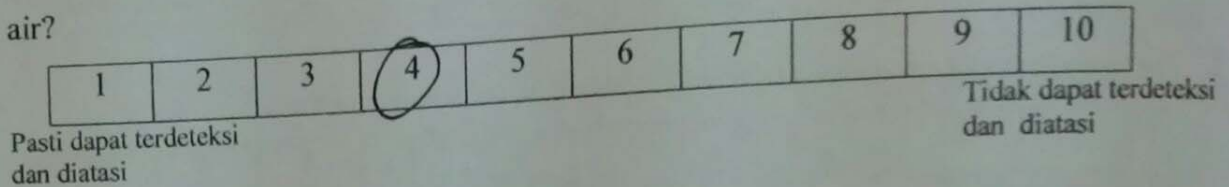
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tidak berpengaruh Sangat merugikan

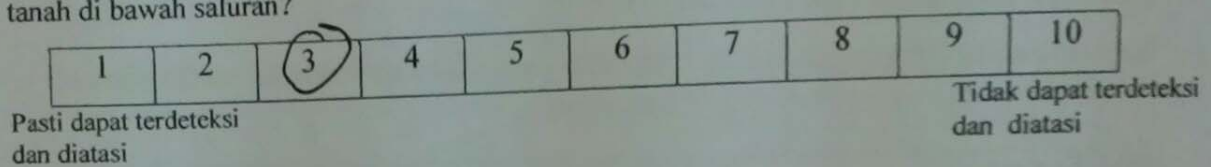
6. Seberapa besarkah pengaruh efek lubang tikus di tanggul saluran terhadap kehilangan air?
- | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
- Tidak berpengaruh Sangat merugikan

D. Kemungkinan terdeteksi dan diatasi (*Detection*)

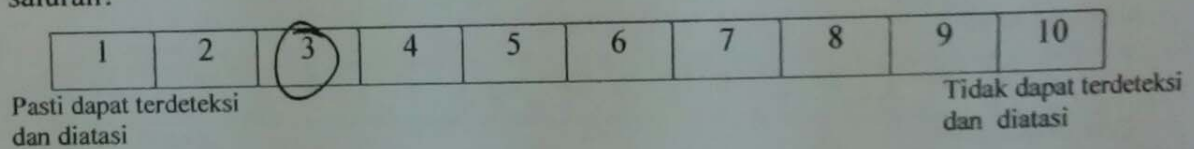
1. Seberapa besarkah kemungkinan terdeteksi dan diatasi terjadinya evaporasi pada muka air?



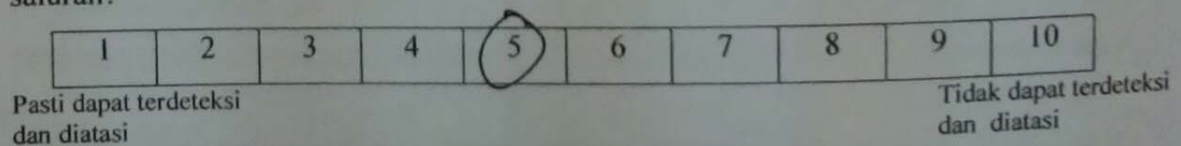
2. Seberapa besarkah kemungkinan terdeteksi dan diatasi terjadinya perkolasi pada lapisan tanah di bawah saluran?



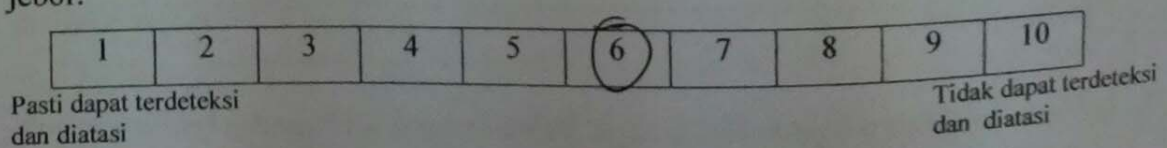
3. Seberapa besarkah kemungkinan terdeteksi dan diatasi terjadinya rembesan di tanggul saluran?



4. Seberapa besarkah kemungkinan terdeteksi dan diatasi terjadinya peluapan di atas tanggul saluran?



5. Seberapa besarkah kemungkinan terdeteksi dan diatasi terjadinya tanggul saluran yang jebol?



6. Seberapa besarkah kemungkinan terdeteksi dan diatasi terjadinya lubang tikus di tanggul saluran?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Pasti dapat terdeteksi dan diatasi

Tidak dapat terdeteksi dan diatasi

E. Pertanyaan isian

Menurut anda, apa sajakah faktor-faktor yang menyebabkan kehilangan air pada saluran irigasi? (Jawaban bisa lebih dari satu)

1.
2.
3.
4.
5.

---Terima kasih---

LAMPIRAN – C

**Profil Saluran, Kerusakan
dan Kebutuhan Biaya**

DI. Bagong 854 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Letak	Panjang	b	m	H	h1	h2	A1	A2	L1=L 2	
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m2)	(m2)	(m)	
1	Bagong	Saluran Primer	R.BG.1	Bendung Bagong-	B.BG.1	800.00	4.00	1.00	1.00	0.80	0.72	3.840	3.398	10.00
2	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.2	B.BG.1 - B.BG.2		610.00	5.50	0.60	0.80	0.64	0.58	3.766	3.367	10.00
3	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.3	B.BG.2 - B.BG.2.1		50.00	4.50	0.80	1.50	1.20	1.08	6.552	5.793	10.00
4	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.4	B.BG.2 - B.BG.3		370.00	5.50	0.60	0.80	0.64	0.58	3.766	3.367	10.00
5	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.5	B.BG.3 - B.BG.4		2,010.00	2.80	0.60	1.30	1.04	0.94	3.561	3.146	10.00
6	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.6	B.BG.4 - B.BG.5		640.00	2.10	0.60	0.90	0.72	0.65	1.823	1.613	10.00
7	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.1	B.BG.1 - B.RM.1f		630.00	3.00	0.90	0.80	0.64	0.58	2.289	2.027	10.00
8	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.2	B.RM.1f - B.RM.1		1,290.00	3.00	0.90	0.80	0.64	0.58	2.289	2.027	10.00
9	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.3	B.RM.1 - B.RM.2		170.00	3.00	1.20	1.70	1.36	1.22	6.300	5.470	10.00
10	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.4	B.RM.2 - B.RM.3		1,690.00	2.00	0.50	0.90	0.72	0.65	1.699	1.506	10.00
11	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.5	B.RM.3 - B.RM.4		800.00	1.70	0.50	0.90	0.72	0.65	1.483	1.312	10.00
12	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.6	B.RM.4 - B.RM.5		290.00	1.50	0.40	0.70	0.56	0.50	0.965	0.858	10.00
13	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.3.1	B.BG.2 - B.BG.2.1		254.18	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
14	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.3.2	B.BG.2 - B.BG.2.1		150.36	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
15	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.4.1	B.BG.2 - B.BG.3		268.50	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
16	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.5.1	B.BG.3 - B.BG.4		100.24	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
17	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.6.1	B.BG.4 - B.BG.5		358.00	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
18	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.6.2	B.BG.4 - B.BG.5		426.01	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
19	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.2.1	B.RM.1f - B.RM.1		358.00	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
20	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.3.1	B.RM.1 - B.RM.2		179.00	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
21	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.4.1	B.RM.2 - B.RM.3		64.32	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
22	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.4.2	B.RM.2 - B.RM.3		214.80	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
23	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.5.1	B.RM.3 - B.RM.4		153.94	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
24	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.6.1	B.RM.4 - B.RM.5		358.00	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00
25	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.6.2	B.RM.4 - B.RM.5		221.96	0.50	1.00	0.50	0.40	0.36	0.360	0.310	10.00

DI. Bagong 854 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	t1	t2	V1	V2	Q1	Q2	Kehilangan air	Keb. Biaya Pemeliharaan	
				(dt)	(dt)	(m/dt)	(m/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)		(Rp.)
1	Bagong	Saluran Primer	R.BG.1	45	40	0.224	0.248	0.861	0.842	0.019	Rp	45,073,110.80
2	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.2	97	88	0.103	0.114	0.388	0.384	0.004	Rp	9,078,555.65
3	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.3	780	690	0.013	0.014	0.084	0.084	0.000	Rp	-
4	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.4	125	112	0.080	0.089	0.300	0.300	0.000	Rp	-
5	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.5	145	148	0.069	0.068	0.245	0.213	0.032	Rp	77,496,689.90
6	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.6	96	104	0.105	0.096	0.191	0.154	0.036	Rp	86,905,811.16
7	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.1	50	46	0.198	0.215	0.454	0.437	0.018	Rp	42,602,953.22
8	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.2	52	50	0.191	0.201	0.437	0.408	0.028	Rp	68,466,956.19
9	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.3	190	169	0.053	0.059	0.332	0.323	0.009	Rp	21,330,537.29
10	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.4	60	67	0.168	0.149	0.285	0.224	0.061	Rp	147,593,078.07
11	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.5	84	86	0.118	0.116	0.176	0.152	0.023	Rp	55,698,856.92
12	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.6	80	74	0.124	0.135	0.120	0.116	0.004	Rp	10,552,513.21
13	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.3.1	67	83	0.150	0.121	0.054	0.038	0.016	Rp	-
14	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.3.2	120	152	0.084	0.066	0.030	0.020	0.010	Rp	-
15	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.4.1	65	81	0.154	0.123	0.055	0.038	0.017	Rp	-
16	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.5.1	162	197	0.062	0.051	0.022	0.016	0.006	Rp	-
17	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.6.1	47	58	0.213	0.174	0.077	0.054	0.023	Rp	-
18	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.6.2	46	62	0.216	0.162	0.078	0.050	0.027	Rp	-
19	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.2.1	47	58	0.211	0.171	0.076	0.053	0.023	Rp	-
20	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.3.1	95	117	0.106	0.086	0.038	0.027	0.012	Rp	-
21	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.4.1	1,515	2,128	0.007	0.005	0.002	0.001	0.001	Rp	-
22	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.4.2	78	96	0.128	0.104	0.046	0.032	0.014	Rp	-
23	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.5.1	111	137	0.090	0.073	0.032	0.023	0.010	Rp	-
24	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.6.1	46	57	0.216	0.176	0.078	0.055	0.023	Rp	-
25	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.6.2	95	130	0.106	0.077	0.038	0.024	0.014	Rp	-

DI. Bagong 854 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Volume Bocor (titik)	Volume Sedimen (m3)	Biaya Bocor (Rp.)	Biaya Sedimen (Rp.)	Harga Satuan Bocor (Rp.)
1	Bagong	Saluran Primer	R.BG.1		1,163.25		Rp 45,073,110.80	
2	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.2		234.30		Rp 9,078,555.65	
3	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.3		0.00		Rp -	
4	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.4		0.00		Rp -	
5	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.5		2,000.04		Rp 77,496,689.90	
6	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.6	2	319.20	Rp 74,537,586.82	Rp 12,368,224.34	Rp 37,268,793.41
7	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.1		1,099.50		Rp 42,602,953.22	
8	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.2		1,767.00		Rp 68,466,956.19	
9	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.3		550.50		Rp 21,330,537.29	
10	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.4	1	3,589.08	Rp 8,524,949.53	Rp 139,068,128.54	Rp 8,524,949.53
11	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.5		1,437.48		Rp 55,698,856.92	
12	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.6		272.34		Rp 10,552,513.21	
13	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.3.1					
14	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.3.2					
15	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.4.1					
16	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.5.1					
17	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.6.1					
18	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.6.2					
19	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.2.1					
20	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.3.1					
21	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.4.1					
22	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.4.2					
23	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.5.1					
24	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.6.1					
25	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.6.2					

DI. Bagong 854 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Harga Satuan Sedimen (Rp.)
1	Bagong	Saluran Primer	R.BG.1	Rp 38,747.57
2	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.2	Rp 38,747.57
3	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.3	Rp -
4	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.4	Rp -
5	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.5	Rp 38,747.57
6	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.6	Rp 38,747.57
7	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.1	Rp 38,747.57
8	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.2	Rp 38,747.57
9	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.3	Rp 38,747.57
10	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.4	Rp 38,747.57
11	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.5	Rp 38,747.57
12	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.6	Rp 38,747.57
13	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.3.1	
14	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.3.2	
15	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.4.1	
16	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.5.1	
17	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.6.1	
18	Bagong	Saluran Tersier	R.BG.6.2	
19	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.2.1	
20	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.3.1	
21	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.4.1	
22	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.4.2	
23	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.5.1	
24	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.6.1	
25	Bagong	Saluran Tersier	R.RM.6.2	

DI. Nglongah 477 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Letak	Panjang	b	m	h1	h2	A1	A2	$\frac{L1-L2}{2}$
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m)
1	Nglongah	Saluran Primer	Sal.Pri Nglongah	Bendung Nglongah - BNG 1	324.00	2.40	0.00	1.50	1.43	3.60	3.42	10.00
2	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 1	BNG 1 - BNG 2	424.00	3.20	0.00	1.50	1.43	4.80	4.56	10.00
3	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 2	BNG 2 - BNG 3	297.00	2.00	1.00	1.50	1.43	5.25	4.88	10.00
4	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 3	BNG 3 - BNG 4	447.00	2.00	0.00	1.50	1.43	3.00	2.85	10.00
5	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 4	BNG 4 - BNG 5	367.00	2.00	0.00	1.20	1.14	2.40	2.28	10.00
6	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 5	BNG 5 - BNG 6	285.00	2.00	0.00	1.20	1.14	2.40	2.28	10.00
7	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 6	BNG 6 - BNG 7	614.00	1.50	1.00	1.20	1.14	3.24	3.01	10.00
8	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 7	BNG 7 - BNG 8	607.00	1.50	1.00	1.20	1.14	3.24	3.01	10.00
9	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 8	BNG 8 - BNG 9	1,000.00	1.50	1.00	1.20	1.14	3.24	3.01	10.00
10	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 1	Bendung Nglongah - BNG 1	182.58	0.50	0.00	0.30	0.29	0.15	0.14	10.00
11	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 2	Bendung Nglongah - BNG 1	286.40	0.50	0.00	0.30	0.29	0.15	0.14	10.00
12	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 3	BNG 1 - BNG 2	182.58	0.50	0.00	0.30	0.29	0.15	0.14	10.00
13	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 4	BNG 2 - BNG 3	78.76	0.50	1.00	0.30	0.29	0.24	0.22	10.00
14	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 5	BNG 3 - BNG 4	60.74	0.50	1.00	0.30	0.29	0.24	0.22	10.00
15	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 6	BNG 3 - BNG 4	82.22	0.50	1.00	0.30	0.29	0.24	0.22	10.00
16	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 7	BNG 4 - BNG 5	107.40	0.50	1.00	0.30	0.29	0.24	0.22	10.00
17	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 8	BNG 5 - BNG 6	71.48	0.50	0.00	0.30	0.29	0.15	0.14	10.00
18	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 9	BNG 5 - BNG 6	67.90	0.50	0.00	0.30	0.29	0.15	0.14	10.00
19	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 10	BNG 6 - BNG 7	143.20	0.50	1.00	0.30	0.29	0.24	0.22	10.00
20	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 11	BNG 7 - BNG 8	286.40	0.50	1.00	0.30	0.29	0.24	0.22	10.00
21	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 12	BNG 8 - BNG 9	196.90	0.50	1.00	0.30	0.29	0.24	0.22	10.00
22	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 13	BNG 8 - BNG 9	161.10	0.50	1.00	0.30	0.29	0.24	0.22	10.00

DI. Nglongah 477 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	t1	t2	V1	V2	Q1	Q2	Kehilangan air
				(dt)	(dt)	(m/dt)	(m/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)
1	Nglongah	Saluran Primer	Sal.Pri Nglongah	73	69	0.138	0.144	0.495	0.493	0.002
2	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 1	128	127	0.078	0.079	0.374	0.360	0.014
3	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 2	166	155	0.060	0.065	0.316	0.315	0.001
4	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 3	101	99	0.099	0.101	0.296	0.289	0.007
5	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 4	86	82	0.117	0.123	0.280	0.280	0.000
6	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 5	94	92	0.106	0.109	0.255	0.248	0.007
7	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 6	135	135	0.074	0.074	0.239	0.223	0.016
8	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 7	173	163	0.058	0.061	0.188	0.184	0.003
9	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 8	289	344	0.035	0.029	0.112	0.087	0.025
10	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 1	32	41	0.310	0.244	0.047	0.035	0.012
11	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 2	21	26	0.484	0.380	0.073	0.054	0.018
12	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 3	34	43	0.298	0.231	0.045	0.033	0.012
13	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 4	129	165	0.078	0.061	0.019	0.014	0.005
14	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 5	1,290	1,913	0.008	0.005	0.002	0.001	0.001
15	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 6	323	417	0.031	0.024	0.007	0.005	0.002
16	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 7	96	123	0.105	0.081	0.025	0.018	0.007
17	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 8	323	436	0.031	0.023	0.005	0.003	0.001
18	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 9	403	555	0.025	0.018	0.004	0.003	0.001
19	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 10	68	86	0.147	0.117	0.035	0.026	0.009
20	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 11	33	41	0.302	0.242	0.073	0.054	0.018
21	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 12	49	61	0.205	0.164	0.049	0.037	0.013
22	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 13	63	81	0.159	0.124	0.038	0.028	0.010

DI. Nglongah 477 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Keb. Biaya Pemeliharaan (Rp.)	Volume Sedimen (m3)	Volume Hilang perkerasan (titik)	Biaya Sedimen (Rp.)
1	Nglongah	Saluran Primer	Sal.Pri Nglongah	Rp 18,729,025.44	483.36		Rp 18,729,025.44
2	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 1	Rp 135,977,622.35	3,509.32		Rp 135,977,622.35
3	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 2	Rp 5,257,270.30	135.68		Rp 5,257,270.30
4	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 3	Rp 86,346,023.18	317.68	1	Rp 12,309,328.04
5	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 4	Rp 397,550.07	10.26		Rp 397,550.07
6	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 5	Rp 87,529,911.71	146.80	1	Rp 5,688,143.28
7	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 6	Rp 153,397,848.41	957.60	2	Rp 37,104,673.03
8	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 7	Rp 32,245,727.75	832.20		Rp 32,245,727.75
9	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 8	Rp 476,672,320.24	3,053.30	2	Rp 118,307,955.48
10	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 1				
11	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 2				
12	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 3				
13	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 4				
14	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 5				
15	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 6				
16	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 7				
17	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 8				
18	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 9				
19	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 10				
20	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 11				
21	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 12				
22	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 13				

DI. Nglongah 477 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Biaya Hilang perkerasan (Rp.)	Harga Satuan Sedimen (Rp.)	Harga Satuan Hilang perkerasan (Rp.)
1	Nglongah	Saluran Primer	Sal.Pri Nglongah		Rp 38,747.57	
2	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 1		Rp 38,747.57	
3	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 2		Rp 38,747.57	
4	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 3	Rp 74,036,695.14	Rp 38,747.57	Rp 74,036,695.14
5	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 4		Rp 38,747.57	
6	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 5	Rp 81,841,768.43	Rp 38,747.57	Rp 81,841,768.43
7	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 6	Rp 116,293,175.38	Rp 38,747.57	Rp 58,146,587.69
8	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 7		Rp 38,747.57	
9	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 8	Rp 358,364,364.76	Rp 38,747.57	Rp 179,182,182.38
10	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 1			
11	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 2			
12	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 3			
13	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 4			
14	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 5			
15	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 6			
16	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 7			
17	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 8			
18	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 9			
19	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 10			
20	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 11			
21	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 12			
22	Nglongah	Saluran Tersier	Sal.Ter Nglongah 13			

DI. Ngepeh 345 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Letak	Panjang	b	m	h1	h2	A1	A2	$\frac{L1=L}{2}$	t1
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m2)	(m2)	(m)	(dt)
1	Ngepeh	Saluran Primer	Sal.Primer Ngepeh	Bendung Ngepeh - BNG 1	1,128.00	3.00	1.00	1.50	1.43	6.750	6.306	10.00	226
2	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 1	BNG 1 - BNG 2	167.00	3.00	1.00	1.00	0.95	4.000	3.753	10.00	161
3	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 2	BNG 2 - BNG 3	2,115.00	3.00	1.00	1.00	0.95	4.000	3.753	10.00	263
4	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 1	Bendung Ngepeh - BNG 1	196.90	1.00	0.50	0.50	0.48	0.625	0.588	10.00	166
5	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 2	BNG 1 - BNG 2	483.29	1.00	0.50	0.50	0.48	0.625	0.588	10.00	77
6	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 3	BNG 2 - BNG 3	243.44	1.00	0.50	0.50	0.48	0.625	0.588	10.00	126
7	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 4	BNG 2 - BNG 3	311.46	1.00	0.50	0.50	0.48	0.625	0.588	10.00	88

DI. Ngepeh 345 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	t2	V1	V2	Q1	Q2	Kehilangan air	Keb. Biaya Pemeliharaan	Volume Sedimen
				(dt)	(m/dt)	(m/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)	(Rp.)	(m3)
1	Ngepeh	Saluran Primer	Sal.Primer Ngepeh	221	0.044	0.045	0.299	0.286	0.013	Rp 8,442,798.95	77.28
2	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 1	161	0.062	0.062	0.248	0.233	0.016	Rp 86,577,848.59	152.28
3	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 2	311	0.038	0.032	0.152	0.121	0.031	Rp 226,921,002.83	567
4	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 1	236	0.060	0.042	0.038	0.025	0.013	Rp -	
5	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 2	118	0.129	0.085	0.081	0.050	0.031	Rp -	
6	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 3	173	0.079	0.058	0.050	0.034	0.016	Rp -	
7	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 4	115	0.114	0.087	0.071	0.051	0.020	Rp -	

DI. Ngepeh 345 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Volume Hilang Perkerasan (titik)	Biaya Sedimen (Rp.)	Biaya Hilang Perkerasan (Rp.)	Harga Satuan Sedimen (Rp.)
1	Ngepeh	Saluran Primer	Sal.Primer Ngepeh	1	Rp 2,994,412.21	Rp 5,448,386.74	Rp 38,747.57
2	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 1	1	Rp 5,900,479.96	Rp 80,677,368.63	Rp 38,747.57
3	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 2	1	Rp 21,979,171.61	Rp 204,941,831.22	Rp 38,747.57
4	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 1				
5	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 2				
6	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 3				
7	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 4				

DI. Ngepeh 345 Ha

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Harga Satuan Hilang perkerasan	
				(Rp.)	
1	Ngepeh	Saluran Primer	Sal.Primer Ngepeh	Rp	5,448,386.74
2	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 1	Rp	80,677,368.63
3	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 2	Rp	204,941,831.22
4	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 1		
5	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 2		
6	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 3		
7	Ngepeh	Saluran Tertier	Sal.Ter Ngepeh 4		

LAMPIRAN – D

Efisiensi Irigasi

No.	DI	Nama Petak	Letak	Luas (Ha)
	1	2	3	4
1	Bagong	BG 2 Kn	B.BG.2 - B.BG.2.1	71
2	Bagong	BG 2 Kr	B.BG.2 - B.BG.2.1	42
3	Bagong	BG 3 Kr	B.BG.2 - B.BG.3	75
4	Bagong	BG 4 Kn	B.BG.3 - B.BG.4	28
5	Bagong	BG 5 Kn	B.BG.4 - B.BG.5	100
6	Bagong	BG 5 Kr	B.BG.4 - B.BG.5	119
7	Bagong	RM 1 Kn	B.RM.1f - B.RM.1	100
8	Bagong	RM 2 Kn	B.RM.1 - B.RM.2	50
9	Bagong	RM 3 Kr	B.RM.2 - B.RM.3	4
10	Bagong	RM 3 Kn	B.RM.2 - B.RM.3	60
11	Bagong	RM 4 Kn	B.RM.3 - B.RM.4	43
12	Bagong	RM 5 Kr	B.RM.4 - B.RM.5	100
13	Bagong	RM 5 Kn	B.RM.4 - B.RM.5	62
14	Nglongah	BNG 1 Kr.a	Bendung Nglongah - BNG 1	51
15	Nglongah	BNG 1 Kr.b	Bendung Nglongah - BNG 1	80
16	Nglongah	BNG 2	BNG 1 - BNG 2	51
17	Nglongah	BNG 3	BNG 2 - BNG 3	22
18	Nglongah	BNG 4 Kr	BNG 3 - BNG 4	3
19	Nglongah	BNG 4 Kn	BNG 3 - BNG 4	9
20	Nglongah	BNG 5	BNG 4 - BNG 5	30
21	Nglongah	BNG 6 Kr	BNG 5 - BNG 6	6
22	Nglongah	BNG 6 Kn	BNG 5 - BNG 6	5
23	Nglongah	BNG 7	BNG 6 - BNG 7	40
24	Nglongah	BNG 8	BNG 7 - BNG 8	80
25	Nglongah	BNG 9 Kn	BNG 8 - BNG 9	55
26	Nglongah	BNG 9 Kr	BNG 8 - BNG 9	45
27	Ngepeh	NGEPEH 1	Bendung Ngepeh - BNG 1	55
28	Ngepeh	NGEPEH 2	BNG 1 - BNG 2	135
29	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	BNG 2 - BNG 3	68
30	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	BNG 2 - BNG 3	87
Jumlah Total				1676

No.	DI	Nama Petak	Saluran Primer			
			Qmasuk (m3/dt)	Qkeluar (m3/dt)	Kehilangan air (m3/dt)	Efisiensi
	1	2	5	6	7=5-6	8=6/5
1	Bagong	BG 2 Kn	0.861	0.842	0.019	0.978
2	Bagong	BG 2 Kr	0.861	0.842	0.019	0.978
3	Bagong	BG 3 Kr	0.861	0.842	0.019	0.978
4	Bagong	BG 4 Kn	0.861	0.842	0.019	0.978
5	Bagong	BG 5 Kn	0.861	0.842	0.019	0.978
6	Bagong	BG 5 Kr	0.861	0.842	0.019	0.978
7	Bagong	RM 1 Kn	0.861	0.842	0.019	0.978
8	Bagong	RM 2 Kn	0.861	0.842	0.019	0.978
9	Bagong	RM 3 Kr	0.861	0.842	0.019	0.978
10	Bagong	RM 3 Kn	0.861	0.842	0.019	0.978
11	Bagong	RM 4 Kn	0.861	0.842	0.019	0.978
12	Bagong	RM 5 Kr	0.861	0.842	0.019	0.978
13	Bagong	RM 5 Kn	0.861	0.842	0.019	0.978
14	Nglongah	BNG 1 Kr.a	0.495	0.493	0.002	0.996
15	Nglongah	BNG 1 Kr.b	0.495	0.493	0.002	0.996
16	Nglongah	BNG 2	0.495	0.493	0.002	0.996
17	Nglongah	BNG 3	0.495	0.493	0.002	0.996
18	Nglongah	BNG 4 Kr	0.495	0.493	0.002	0.996
19	Nglongah	BNG 4 Kn	0.495	0.493	0.002	0.996
20	Nglongah	BNG 5	0.495	0.493	0.002	0.996
21	Nglongah	BNG 6 Kr	0.495	0.493	0.002	0.996
22	Nglongah	BNG 6 Kn	0.495	0.493	0.002	0.996
23	Nglongah	BNG 7	0.495	0.493	0.002	0.996
24	Nglongah	BNG 8	0.495	0.493	0.002	0.996
25	Nglongah	BNG 9 Kn	0.495	0.493	0.002	0.996
26	Nglongah	BNG 9 Kr	0.495	0.493	0.002	0.996
27	Ngepeh	NGEPEH 1	0.299	0.286	0.013	0.957
28	Ngepeh	NGEPEH 2	0.299	0.286	0.013	0.957
29	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	0.299	0.286	0.013	0.957
30	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	0.299	0.286	0.013	0.957
Jumlah						

No.	DI	Nama Petak	Saluran Sekunder			
			Qmasuk (m3/dt)	Qkeluar (m3/dt)	Kehilangan air (m3/dt)	Efisiensi
	1	2	9	10	11=9-10	12=10/9
1	Bagong	BG 2 Kn	0.388	0.384	0.004	0.990
2	Bagong	BG 2 Kr	0.388	0.384	0.004	0.990
3	Bagong	BG 3 Kr	0.388	0.384	0.004	0.990
4	Bagong	BG 4 Kn	0.388	0.352	0.036	0.907
5	Bagong	BG 5 Kn	0.388	0.316	0.072	0.814
6	Bagong	BG 5 Kr	0.388	0.316	0.072	0.814
7	Bagong	RM 1 Kn	0.454	0.408	0.046	0.898
8	Bagong	RM 2 Kn	0.454	0.399	0.055	0.879
9	Bagong	RM 3 Kr	0.454	0.338	0.116	0.744
10	Bagong	RM 3 Kn	0.454	0.338	0.116	0.744
11	Bagong	RM 4 Kn	0.454	0.315	0.139	0.693
12	Bagong	RM 5 Kr	0.454	0.310	0.144	0.683
13	Bagong	RM 5 Kn	0.454	0.310	0.144	0.683
14	Nglongah	BNG 1 Kr.a	0.000	0.000	0.000	0.000
15	Nglongah	BNG 1 Kr.b	0.000	0.000	0.000	0.000
16	Nglongah	BNG 2	0.374	0.360	0.014	0.963
17	Nglongah	BNG 3	0.374	0.360	0.014	0.961
18	Nglongah	BNG 4 Kr	0.374	0.352	0.022	0.941
19	Nglongah	BNG 4 Kn	0.374	0.352	0.022	0.941
20	Nglongah	BNG 5	0.374	0.352	0.022	0.941
21	Nglongah	BNG 6 Kr	0.374	0.345	0.029	0.923
22	Nglongah	BNG 6 Kn	0.374	0.345	0.029	0.923
23	Nglongah	BNG 7	0.374	0.329	0.045	0.880
24	Nglongah	BNG 8	0.374	0.326	0.048	0.871
25	Nglongah	BNG 9 Kn	0.374	0.301	0.073	0.805
26	Nglongah	BNG 9 Kr	0.374	0.301	0.073	0.805
27	Ngepeh	NGEPEH 1	0.000	0.000	0.000	0.000
28	Ngepeh	NGEPEH 2	0.248	0.233	0.016	0.937
29	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	0.248	0.202	0.047	0.812
30	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	0.248	0.202	0.047	0.812
Jumlah						

No.	DI	Nama Petak	Saluran Tersier			
			Qmasuk (m3/dt)	Qkeluar (m3/dt)	Kehilangan air (m3/dt)	Efisiensi
	1	2	13	14	15=13-14	16=14/13
1	Bagong	BG 2 Kn	0.054	0.038	0.016	0.697
2	Bagong	BG 2 Kr	0.030	0.020	0.010	0.679
3	Bagong	BG 3 Kr	0.055	0.038	0.017	0.689
4	Bagong	BG 4 Kn	0.022	0.016	0.006	0.710
5	Bagong	BG 5 Kn	0.077	0.054	0.023	0.700
6	Bagong	BG 5 Kr	0.078	0.050	0.027	0.647
7	Bagong	RM 1 Kn	0.076	0.053	0.023	0.697
8	Bagong	RM 2 Kn	0.038	0.027	0.012	0.697
9	Bagong	RM 3 Kr	0.002	0.001	0.001	0.612
10	Bagong	RM 3 Kn	0.046	0.032	0.014	0.699
11	Bagong	RM 4 Kn	0.032	0.023	0.010	0.695
12	Bagong	RM 5 Kr	0.078	0.055	0.023	0.703
13	Bagong	RM 5 Kn	0.038	0.024	0.014	0.624
14	Nglongah	BNG 1 Kr.a	0.047	0.035	0.012	0.748
15	Nglongah	BNG 1 Kr.b	0.073	0.054	0.018	0.746
16	Nglongah	BNG 2	0.045	0.033	0.012	0.737
17	Nglongah	BNG 3	0.019	0.014	0.005	0.728
18	Nglongah	BNG 4 Kr	0.002	0.001	0.001	0.629
19	Nglongah	BNG 4 Kn	0.007	0.005	0.002	0.722
20	Nglongah	BNG 5	0.025	0.018	0.007	0.725
21	Nglongah	BNG 6 Kr	0.005	0.003	0.001	0.703
22	Nglongah	BNG 6 Kn	0.004	0.003	0.001	0.691
23	Nglongah	BNG 7	0.035	0.026	0.009	0.739
24	Nglongah	BNG 8	0.073	0.054	0.018	0.746
25	Nglongah	BNG 9 Kn	0.049	0.037	0.013	0.743
26	Nglongah	BNG 9 Kr	0.038	0.028	0.010	0.728
27	Ngepeh	NGEPEH 1	0.038	0.025	0.013	0.663
28	Ngepeh	NGEPEH 2	0.081	0.050	0.031	0.615
29	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	0.050	0.034	0.016	0.684
30	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	0.071	0.051	0.020	0.719
Jumlah						

No.	DI	Nama Petak	Total Kehilangan air (m3/dt)	Efisiensi Keseluruhan
	1	2	17=7+11+15	18=8 x 12 x 16
1	Bagong	BG 2 Kn	0.039	0.675
2	Bagong	BG 2 Kr	0.032	0.658
3	Bagong	BG 3 Kr	0.040	0.667
4	Bagong	BG 4 Kn	0.061	0.630
5	Bagong	BG 5 Kn	0.114	0.558
6	Bagong	BG 5 Kr	0.118	0.515
7	Bagong	RM 1 Kn	0.088	0.613
8	Bagong	RM 2 Kn	0.085	0.600
9	Bagong	RM 3 Kr	0.136	0.446
10	Bagong	RM 3 Kn	0.149	0.509
11	Bagong	RM 4 Kn	0.168	0.471
12	Bagong	RM 5 Kr	0.186	0.470
13	Bagong	RM 5 Kn	0.177	0.418
14	Nglongah	BNG 1 Kr.a	0.014	0.745
15	Nglongah	BNG 1 Kr.b	0.020	0.743
16	Nglongah	BNG 2	0.028	0.707
17	Nglongah	BNG 3	0.021	0.697
18	Nglongah	BNG 4 Kr	0.024	0.590
19	Nglongah	BNG 4 Kn	0.026	0.677
20	Nglongah	BNG 5	0.031	0.680
21	Nglongah	BNG 6 Kr	0.032	0.646
22	Nglongah	BNG 6 Kn	0.032	0.635
23	Nglongah	BNG 7	0.056	0.648
24	Nglongah	BNG 8	0.069	0.647
25	Nglongah	BNG 9 Kn	0.087	0.596
26	Nglongah	BNG 9 Kr	0.085	0.584
27	Ngepeh	NGEPEH 1	0.025	0.635
28	Ngepeh	NGEPEH 2	0.059	0.552
29	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	0.075	0.532
30	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	0.079	0.559
Jumlah				

No.	DI	Nama Petak	Kerusakan		
			Bocor (titik)	Sedimen (m3)	Hilang perkerasan (titik)
	1	2	19	20	21
1	Bagong	BG 2 Kn	0	1397.55	0
2	Bagong	BG 2 Kr	0	1397.55	0
3	Bagong	BG 3 Kr	0	1397.55	0
4	Bagong	BG 4 Kn	0	3397.59	0
5	Bagong	BG 5 Kn	2	3716.79	0
6	Bagong	BG 5 Kr	2	3716.79	0
7	Bagong	RM 1 Kn	0	4029.75	0
8	Bagong	RM 2 Kn	0	4580.25	0
9	Bagong	RM 3 Kr	1	8169.33	0
10	Bagong	RM 3 Kn	1	8169.33	0
11	Bagong	RM 4 Kn	1	9606.81	0
12	Bagong	RM 5 Kr	1	9879.15	0
13	Bagong	RM 5 Kn	1	9879.15	0
14	Nglongah	BNG 1 Kr.a	0	483.36	0
15	Nglongah	BNG 1 Kr.b	0	483.36	0
16	Nglongah	BNG 2	0	3,992.68	0
17	Nglongah	BNG 3	0	4,128.36	0
18	Nglongah	BNG 4 Kr	0	4,446.04	0
19	Nglongah	BNG 4 Kn	0	4,446.04	1
20	Nglongah	BNG 5	0	4,456.30	0
21	Nglongah	BNG 6 Kr	0	4,603.10	2
22	Nglongah	BNG 6 Kn	0	4,603.10	2
23	Nglongah	BNG 7	0	5,560.70	4
24	Nglongah	BNG 8	0	6,392.90	0
25	Nglongah	BNG 9 Kn	0	9,446.20	6
26	Nglongah	BNG 9 Kr	0	9,446.20	6
27	Ngepeh	NGEPEH 1	0	77.28	1
28	Ngepeh	NGEPEH 2	0	229.56	2
29	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	0	796.80	3
30	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	0	796.80	3
Jumlah					

No.	DI	Nama Petak	Kebutuhan Biaya Pemeliharaan		
			Bocor	Sedimen	Lining Baru
	1	2	22	23	24
1	Bagong	BG 2 Kn	Rp -	Rp 54,151,666.45	Rp -
2	Bagong	BG 2 Kr	Rp -	Rp 54,151,666.45	Rp -
3	Bagong	BG 3 Kr	Rp -	Rp 54,151,666.45	Rp -
4	Bagong	BG 4 Kn	Rp -	Rp 131,648,356.36	Rp -
5	Bagong	BG 5 Kn	Rp 74,537,586.82	Rp 144,016,580.70	Rp -
6	Bagong	BG 5 Kr	Rp 74,537,586.82	Rp 144,016,580.70	Rp -
7	Bagong	RM 1 Kn	Rp -	Rp 156,143,020.21	Rp -
8	Bagong	RM 2 Kn	Rp -	Rp 177,473,557.49	Rp -
9	Bagong	RM 3 Kr	Rp 8,524,949.53	Rp 316,541,686.03	Rp -
10	Bagong	RM 3 Kn	Rp 8,524,949.53	Rp 316,541,686.03	Rp -
11	Bagong	RM 4 Kn	Rp -	Rp 372,240,542.95	Rp -
12	Bagong	RM 5 Kr	Rp -	Rp 382,793,056.17	Rp -
13	Bagong	RM 5 Kn	Rp -	Rp 382,793,056.17	Rp -
14	Nglongah	BNG 1 Kr.a	Rp -	Rp 18,729,025.44	Rp -
15	Nglongah	BNG 1 Kr.b	Rp -	Rp 18,729,025.44	Rp -
16	Nglongah	BNG 2	Rp -	Rp 154,706,647.79	Rp -
17	Nglongah	BNG 3	Rp -	Rp 159,963,918.09	Rp -
18	Nglongah	BNG 4 Kr	Rp -	Rp 172,273,246.12	Rp -
19	Nglongah	BNG 4 Kn	Rp -	Rp 172,273,246.12	Rp 74,036,695.14
20	Nglongah	BNG 5	Rp -	Rp 172,670,796.19	Rp -
21	Nglongah	BNG 6 Kr	Rp -	Rp 178,358,939.47	Rp 155,878,463.57
22	Nglongah	BNG 6 Kn	Rp -	Rp 178,358,939.47	Rp 155,878,463.57
23	Nglongah	BNG 7	Rp -	Rp 215,463,612.50	Rp 272,171,638.95
24	Nglongah	BNG 8	Rp -	Rp 247,709,340.25	Rp -
25	Nglongah	BNG 9 Kn	Rp -	Rp 366,017,295.73	Rp 630,536,003.71
26	Nglongah	BNG 9 Kr	Rp -	Rp 366,017,295.73	Rp 630,536,003.71
27	Ngepeh	NGEPEH 1	Rp -	Rp 2,994,412.21	Rp 5,448,386.74
28	Ngepeh	NGEPEH 2	Rp -	Rp 8,894,892.17	Rp 86,125,755.37
29	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	Rp -	Rp 30,874,063.78	Rp 291,067,586.59
30	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	Rp -	Rp 30,874,063.78	Rp 291,067,586.59
Jumlah					

No.	DI	Nama Petak	Total Kebutuhan Biaya Pemeliharaan
	1	2	25=22+23+24
1	Bagong	BG 2 Kn	Rp 54,151,666.45
2	Bagong	BG 2 Kr	Rp 54,151,666.45
3	Bagong	BG 3 Kr	Rp 54,151,666.45
4	Bagong	BG 4 Kn	Rp 131,648,356.36
5	Bagong	BG 5 Kn	Rp 218,554,167.52
6	Bagong	BG 5 Kr	Rp 218,554,167.52
7	Bagong	RM 1 Kn	Rp 156,143,020.21
8	Bagong	RM 2 Kn	Rp 177,473,557.49
9	Bagong	RM 3 Kr	Rp 325,066,635.56
10	Bagong	RM 3 Kn	Rp 325,066,635.56
11	Bagong	RM 4 Kn	Rp 372,240,542.95
12	Bagong	RM 5 Kr	Rp 382,793,056.17
13	Bagong	RM 5 Kn	Rp 382,793,056.17
14	Nglongah	BNG 1 Kr.a	Rp 18,729,025.44
15	Nglongah	BNG 1 Kr.b	Rp 18,729,025.44
16	Nglongah	BNG 2	Rp 154,706,647.79
17	Nglongah	BNG 3	Rp 159,963,918.09
18	Nglongah	BNG 4 Kr	Rp 172,273,246.12
19	Nglongah	BNG 4 Kn	Rp 246,309,941.26
20	Nglongah	BNG 5	Rp 172,670,796.19
21	Nglongah	BNG 6 Kr	Rp 334,237,403.04
22	Nglongah	BNG 6 Kn	Rp 334,237,403.04
23	Nglongah	BNG 7	Rp 487,635,251.45
24	Nglongah	BNG 8	Rp 247,709,340.25
25	Nglongah	BNG 9 Kn	Rp 996,553,299.44
26	Nglongah	BNG 9 Kr	Rp 996,553,299.44
27	Ngepeh	NGEPEH 1	Rp 8,442,798.95
28	Ngepeh	NGEPEH 2	Rp 95,020,647.54
29	Ngepeh	NGEPEH 3 Kn	Rp 321,941,650.37
30	Ngepeh	NGEPEH 3 Kr	Rp 321,941,650.37
Jumlah			

LAMPIRAN – E

Realisasi Biaya Pemeliharaan

REALISASI BIAYA PEMELIHARAAN ASET IRIGASI DI. BAGONG, DI. NGLONGAH DAN DI. NGEPEH KABUPATEN TRENGGALEK TAHUN 2012-2015

No. Tahun	Kegiatan	Lokasi	Kecamatan	Mulai	Selesai	Realisasi Keuangan	Realisasi Fisik
1 2013	Pemeliharaan Rutin dan Normalisasi DI Ngepeh Ds. Ngepeh	Tugu, Ngepeh	Tugu	10/20/2013	6/16/2013	Rp 11,209,000.00	1.00
2 2013	Rehabilitasi Saluran Ngepeh DI Ngepeh (345)	Tugu, Tumpuk	Tugu	11/14/2013	12/27/2013	Rp 67,465,000.00	1.00
3 2013	Rehabilitasi Saluran Ngepeh DI. Ngepeh (345 Ha) Desa Ngepeh	Tugu, Ngepeh	Tugu	9/9/2013	11/22/2013	Rp 199,735,000.00	1.00
4 2014	Rehabilitasi Saluran Ngepeh D.I Ngepeh (345 Ha) Ds. Ngepeh	Tugu, Ngepeh	Tugu	23-10-2014	21-12-2014	Rp 147,045,000.00	1.00
5 2014	Rehabilitasi Saluran Ngepeh D.I Ngepeh (345 Ha)mDs. Tumpuk	Tugu, Tumpuk	Tugu	22-08-2014	09-12-2014	Rp 391,455,000.00	1.00
6 2015	Rehabilitasi Saluran Sekunder Ngepeh Desa Ngepeh Kec. Tugu	Tugu, Ngepeh	Tugu	11/16/2015	12/25/2015	Rp 174,660,000.00	1.00
7 2012	Pemeliharaan Rutin & Normalisasi Jaringan Irigasi Ds. Sambirejo	Trenggalek, Sambirejo	Trenggalek	9/10/2012	9/24/2012	Rp 14,093,700.00	1.21
8 2012	Pemeliharaan Rutin & Normalisasi Jaringan Irigasi Kel. Tamanan	Trenggalek, Tamanan	Trenggalek	9/10/2012	9/24/2012	Rp 14,303,000.00	1.21
9 2012	Pemeliharaan Rutin & Normalisasi Jaringan Irigasi Kel. Surodakan	Trenggalek, Surodakan	Trenggalek	9/10/2012	9/24/2012	Rp 14,167,500.00	1.21
10 2012	Pemeliharaan Rutin & Normalisasi Jaringan Irigasi Kel. Surodakan	Trenggalek, Surodakan	Trenggalek	9/10/2012	9/24/2012	Rp 14,185,000.00	1.21
11 2012	Rehab Rumah Pintu dan Plat DI Bagong	Trenggalek, Surodakan	Trenggalek	11/14/2012	12/16/2012	Rp 48,676,000.00	1.00
12 2012	Rehab. Sal. DI Bagong, Trenggalek (belakang Pengadilan)	Trenggalek, Sumbergedong	Trenggalek	9/17/2012	11/15/2012	Rp 88,400,000.00	1.00
13 2012	Rehab. Sal. Ngasem DI Bagong	Trenggalek, Sumberdadi	Trenggalek	11/14/2012	12/16/2012	Rp 54,200,000.00	1.00
14 2012	Rehab. Sal. BG 2 Kanan DI Bagong (45 Ha)	Trenggalek, Sumbergedong	Trenggalek	9/17/2012	11/15/2012	Rp 94,995,000.00	1.00
15 2012	Rehab. Sal. Ngasem DI Bagong (15 Ha)	Trenggalek, Sumberdadi	Trenggalek	9/17/2012	11/15/2012	Rp 96,170,000.00	1.00
16 2013	Pemeliharaan Rutin dan Normalisasi DI Bagong /RDM I Kel. Surondakan	Trenggalek, Surondakan	Trenggalek	10/20/2013	6/16/2013	Rp 11,077,687.50	1.00
17 2013	Pemeliharaan Rutin dan Normalisasi DI Bagong Kel. Ngantru	Trenggalek, Ngantru	Trenggalek	10/20/2013	6/16/2013	Rp 11,281,325.00	1.00
18 2013	Pembangunan Saluran DI Nglongah (perbatasan Ds. Sambirejo)	Trenggalek, Kelutan	Trenggalek	11/14/2013	12/27/2013	Rp 94,452,000.00	1.00
19 2013	Pembangunan Saluran Irigasi Nglongah DI Nglongah (sebelah Timur Stadion)	Trenggalek, Kelutan	Trenggalek	11/14/2013	12/27/2013	Rp 191,607,000.00	1.00
20 2013	Rehab Saluran Pembuang Klampisan	Trenggalek, Surodakan	Trenggalek	11/14/2013	12/27/2013	Rp 144,352,000.00	1.00
21 2013	Rehab Saluran DI Bagong	Trenggalek, Sambirejo	Trenggalek	11/14/2013	12/27/2013	Rp 144,431,000.00	1.00
22 2013	Rehab. Saluran Sekunder Bagong	Trenggalek, Surodakan	Trenggalek	11/14/2013	12/27/2013	Rp 94,375,000.00	1.00
23 2013	Pembangunan dan Rehabilitasi JI. Nglongah Kelurahan Kelutan Kec. Trenggalek	Trenggalek, Kelutan	Trenggalek	9/9/2013	11/22/2013	Rp 94,794,000.00	1.00
24 2013	Rehabilitasi Saluran Mojo DI Bagong Ds. Sumberdadi Kec. Trenggalek	Trenggalek, Sumberdadi	Trenggalek	9/9/2013	11/22/2013	Rp 94,748,000.00	1.00
25 2014	Peningkatan Saluran BBG II Kn. D.I Bagong Kel. Ngantru	Trenggalek, Ngantru	Trenggalek	23-09-2014	06-12-2014	Rp 131,835,000.00	1.00
26 2014	Rehabilitasi Saluran Sekunder Bagong	Trenggalek, Ngantru	Trenggalek	23-10-2014	21-12-2014	Rp 90,050,000.00	1.00
27 2014	Rehabilitasi Saluran Redimenggalan (RDM) Ds. Rejowinangun	Trenggalek, Rejowinangun	Trenggalek	23-10-2014	21-12-2014	Rp 135,124,000.00	1.00
28 2014	Rehab. Spey Syphon Saluran Primer D.I Bagong Kel. Surodakan	Trenggalek, Surodakan	Trenggalek	23-09-2014	06-12-2014	Rp 87,650,000.00	1.00
29 2014	Pembangunan Talud Pengaman Dam Bagong Ds. Ngantru	Trenggalek, Ngantru	Trenggalek	23-09-2014	06-12-2014	Rp 179,396,000.00	1.00
30 2015	Peningkatan Saluran Pembuang RDM Kel. Surodakan	Trenggalek, Surodakan	Trenggalek	07-07-2015	04-10-2015	Rp 172,365,000.00	1.00
31 2015	Peningkatan Saluran Pembuang Kelutan Kel. Kelutan	Trenggalek, Kelutan	Trenggalek	07-07-2015	04-10-2015	Rp 128,917,000.00	1.00
32 2015	Rehabilitasi Saluran Sekunder Bagong Kel. Sumbergedong Kec. Trenggalek	Trenggalek, Sumbergedong	Trenggalek	11/16/2015	12/25/2015	Rp 174,600,000.00	1.00
33 2015	Rehabilitasi Saluran Primer Bagong Kel. Ngantru Kec. Trenggalek	Trenggalek, Ngantru	Trenggalek	11/16/2015	12/25/2015	Rp 181,925,000.00	1.00
34 2015	Rehabilitasi Saluran Irigasi DI Nglongah Kel. Kelutan Kec. Trenggalek	Trenggalek, Kelutan	Trenggalek	07-07-2015	04-10-2015	Rp 172,435,000.00	1.00
35 2015	Rehabilitasi Saluran BG. 2 Kn Kel. Sumbergedong DI Bagong Kec. Trenggalek	Trenggalek, Sumbergedong	Trenggalek	07-07-2015	04-10-2015	Rp 128,950,000.00	1.00
36 2015	Rehabilitasi Saluran Irigasi Desa Sambirejo Kec. Trenggalek	Trenggalek, Sambirejo	Trenggalek	07-07-2015	04-10-2015	Rp 84,603,000.00	1.00

No.	Tahun	Kegiatan	Lokasi	Kecamatan	Mulai	Selesai	Realisasi Keuangan	Realisasi Fisik
37	2015	Rehabilitasi Saluran Pembuang Klampisan Kel. Sorodakan	Kec. Trenggalek (Lanjutan)	Trenggalek	07-07-2015	04-10-2015	Rp 172,025,000.00	1.00
38	2015	Rehabilitasi Saluran Sekunder Bagong dan Penguras Syphon Desa Sambirejo	Kec. Trenggalek	Trenggalek	07-07-2015	04-10-2015	Rp 172,455,000.00	1.00
39	2015	Normalisasi dan Rehabilitasi Talud DAM Bagong Kel. Ngantru	Kec. Trenggalek	Trenggalek	29-07-2015	25-11-2015	Rp 183,020,000.00	1.00
40	2015	Rehabilitasi Saluran Sekunder Ngepeh Desa Kerjo	Kec. Karanganyar	Karanganyar	07-07-2015	04-10-2015	Rp 172,365,000.00	1.00

Sumber : DPU Bina Marga dan Pengairan Kab. Trenggalek, 2016

LAMPIRAN – F
Skenario Optimasi
Biaya Pemeliharaan

OPTIMASI BIAYA PEMELIHARAAN ASET IRIGASI DENGAN SKENARIO PESIMIS

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Variabel Keputusan	Skenario Pesimis (Rp. 439,190,200.00)
1	Bagong	Saluran Primer	R.BG.1	X1	1
2	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.2	X2	1
3	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.5	X3	1
4	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.6	X4	1
5	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.1	X5	1
6	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.2	X6	0
7	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.3	X7	1
8	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.4	X8	1
9	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.5	X9	0
10	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.6	X10	0
11	Nglongah	Saluran Primer	Sal.Pri Nglongah	X11	0
12	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 1	X12	0
13	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 2	X13	0
14	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 3	X14	0
15	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 4	X15	1
16	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 5	X16	0
17	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 6	X17	0
18	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 7	X18	0
19	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 8	X19	0
20	Ngepeh	Saluran Primer	Sal.Primer Ngepeh	X20	1
21	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 1	X21	0
22	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 2	X22	0

9 ruas yang diperbaiki

Integer & Mixed Integer Programmin...		
Optimasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi Solution		
Variable	Type	Value
X1	O/I	1
X2	O/I	1
X3	O/I	1
X4	O/I	1
X5	O/I	1
X6	O/I	0
X7	O/I	1
X8	O/I	1
X9	O/I	0
X10	O/I	0
X11	O/I	0
X12	O/I	0
X13	O/I	0
X14	O/I	0
X15	O/I	1
X16	O/I	0
X17	O/I	0
X18	O/I	0
X19	O/I	0
X20	O/I	1
X21	O/I	0
X22	O/I	0
Solution value		191.44

Total Kehilangan Air Akhir

0.563 m³/dt
563.06 L/dt

Total Kehilangan Air Awal

0.754 m³/dt
754.49 L/dt

Total Luas Daerah Irigasi

1676.00 Ha
1173.20 Ha (terairi)
502.80 Ha (belum terairi)

penghematan air (L/dt)

25.37 %
~ 159.53 Ha (1.2 L/dt/ha)

OPTIMASI BIAYA PEMELIHARAAN ASET IRIGASI DENGAN SKENARIO MODERAT

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Variabel Keputusan	Skenario Moderat (Rp.1,169,898,053.13)
1	Bagong	Saluran Primer	R.BG.1	X1	1
2	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.2	X2	1
3	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.5	X3	1
4	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.6	X4	1
5	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.1	X5	1
6	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.2	X6	1
7	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.3	X7	1
8	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.4	X8	1
9	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.5	X9	1
10	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.6	X10	1
11	Nglongah	Saluran Primer	Sal.Pri Nglongah	X11	0
12	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 1	X12	0
13	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 2	X13	1
14	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 3	X14	1
15	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 4	X15	1
16	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 5	X16	0
17	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 6	X17	1
18	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 7	X18	1
19	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 8	X19	0
20	Ngepeh	Saluran Primer	Sal.Primer Ngepeh	X20	1
21	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 1	X21	1
22	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 2	X22	1

18 ruas yang diperbaiki

Integer & Mixed Integer Programmin...		
Optimasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi Solution		
Variable	Type	Value
X1	O/I	1
X2	O/I	1
X3	O/I	1
X4	O/I	1
X5	O/I	1
X6	O/I	1
X7	O/I	1
X8	O/I	1
X9	O/I	1
X10	O/I	1
X11	O/I	0
X12	O/I	0
X13	O/I	1
X14	O/I	1
X15	O/I	1
X16	O/I	0
X17	O/I	1
X18	O/I	1
X19	O/I	0
X20	O/I	1
X21	O/I	1
X22	O/I	1
Solution value		321.56

Total Kehilangan Air Akhir

0.433 m3/dt
432.94 L/dt

Total Kehilangan Air Awal

0.754 m3/dt
754.49 L/dt

Total Luas Daerah Irigasi

1676.00 Ha
1173.20 Ha (terairi)
502.80 Ha (belum terairi)

penghematan air (L/dt)

42.62 %
~ 385.87 Ha (1.2 L/dt/ha)

OPTIMASI BIAYA PEMELIHARAAN ASET IRIGASI DENGAN SKENARIO OPTIMIS

No.	DI	Jenis Aset Irigasi	Nomenklatur	Variabel Keputusan	Skenario Optimis (Rp.1,918,320,000.00)
1	Bagong	Saluran Primer	R.BG.1	X1	1
2	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.2	X2	1
3	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.5	X3	1
4	Bagong	Saluran sekunder	R.BG.6	X4	1
5	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.1	X5	1
6	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.2	X6	1
7	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.3	X7	1
8	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.4	X8	1
9	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.5	X9	1
10	Bagong	Saluran sekunder	R.RM.6	X10	1
11	Nglongah	Saluran Primer	Sal.Pri Nglongah	X11	1
12	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 1	X12	1
13	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 2	X13	1
14	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 3	X14	1
15	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 4	X15	1
16	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 5	X16	1
17	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 6	X17	1
18	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 7	X18	1
19	Nglongah	Saluran Sekunder	Sal.Sek Nglongah 8	X19	1
20	Ngepeh	Saluran Primer	Sal.Primier Ngepeh	X20	1
21	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 1	X21	1
22	Ngepeh	Saluran Sekunder	Sal.Sek Ngepeh 2	X22	1

Semua saluran tertangani

Integer & Mixed Integer Programmin...		
Optimasi Biaya Pemeliharaan Aset Irigasi Solution		
Variable	Type	Value
X1	O/1	1
X2	O/1	1
X3	O/1	1
X4	O/1	1
X5	O/1	1
X6	O/1	1
X7	O/1	1
X8	O/1	1
X9	O/1	1
X10	O/1	1
X11	O/1	1
X12	O/1	1
X13	O/1	1
X14	O/1	1
X15	O/1	1
X16	O/1	1
X17	O/1	1
X18	O/1	1
X19	O/1	1
X20	O/1	1
X21	O/1	1
X22	O/1	1
Solution value		368.68

Total Kehilangan Air Akhir

0.386 m3/dt
385.82 L/dt

Total Kehilangan Air Awal

0.754 m3/dt
754.49 L/dt

Total Luas Daerah Irigasi

1676.00 Ha
1173.20 Ha (terairi)
502.80 Ha (belum terairi)

penghematan air (L/dt)

48.86 %
~ 442.42 Ha (1.2 L/dt/ha)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Trenggalek, 13 Maret 1987, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal, yaitu SD Negeri Sumber Trenggalek, SLTP Negeri 1 Trenggalek, dan SMU Negeri 1 Trenggalek. Setelah lulus dari SMU pada tahun 2005, penulis diterima pada jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Setelah menyelesaikan Strata 1, penulis diterima sebagai Pegawai Negeri Sipil Daerah (PNSD) di Kabupaten Trenggalek dan bekerja di Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Trenggalek sejak tahun 2011 hingga sekarang. Pada tahun 2015, penulis mendapatkan beasiswa S2 dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, sehingga penulis dapat menempuh studi di Program Pascasarjana Manajemen Aset Infrastruktur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan seminar dan pelatihan, baik yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Sipil ITS maupun yang lainnya. Saran dan kritik para pembaca tentu sangat penulis harapkan di cityntown009@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”